جامعة أم القرى
كلية العلوم التطبيقية والهندسية
قسم الفيزياء
مكة المكرمة

حلقة بحث

دراسة على أطياف أشعة جاما

مقدمة من

عصام الدين زكي أحمد
الطالب بقسم الفيزياء

تحت اشراف

سعادة الدكتور / فايز محمد سويلم

١٤٠٢ - ١٤٠٣ هـ

بسم الله الرحمن الرحيم

وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون

صدق الله العظيم

شكر وعرفان

يسعدني وأنا على وشك الانتهاء من الدراسة في المرحلة الجامعية أن أقدم خالص شكري وعرفاني لجامعة أم القرى التي فتحت لي صدرا رحبا لكي أستقي العلم من مناهجها الفياضة وفي أطهر بقعة على وجه الأرض مما أحاطه الدرس والتحصيل باطار من الروحانية والايمان يفتقد اليها شباب هذا العصر .

فشكرا لمعالي الدكتور راشد الراجح مدير الجامعة وسعادة الدكتور محمد بن حجر الغامدي وكيل الجامعة اللذان في ظل رعايتهما لنا لم نشعر قط أننا بعيدين عن ديارنا وأهلينا بل في وطننا الثاني المملكة العربية السعودية . كما أشكر سعادة الدكتور عبد العزيز عقاب عميد كلية العلوم التطبيقية والهندسية ، وسعادة الدكتور غالي غازي البركاتي رئيس قسم الفيزياء الحالي وسعادة الدكتور عبد العزيز قطب رئيس القسم السابق على ما أولوني اياه من رعاية مستمرة طوال فترة دراستي بالقسم واللذين لم يدخرا جهدا في سبيل توفير كافة الامكانيات اللازمة لانجاز هذا البحث كما أشكر سعادة الدكتور سليمان حمد المسلم على توجيهاته ورعايته ، وأشكر كافة اساتذة قسم الفيزياء وأقسام الكلية الأخرى الذين كان لي شرف تلقي العلم على ايديهم وان كان لي أن أخص بالشكر فانه لأستاذي سعادة الدكتور فايز محمد سويلم الذي أشرف على هذا البحث واعطاني من جهده ووقته الثمين الكثير طوال فترة العمل في البحث في كافة مراحله ، وقد كانت لأستاذيته

الفريدة أبلغ الاثر فيأن يتجاوز هذا العمل مرحلة من كونه بحثا أكاديميا فى مادة الفيزياء يهدف الى التوصل الى نتائج علمية معينة الى كونه منهاجا للتفكير ومثلا لاستجلاء الحقائق عن طريق المشاهدة والاستنتاج يمكن تطبيقه فى كافة النشاطات العقلية . مثل هذه الاستاذية سوف أظل مدينا لها طوال حياتي وسوف أظل لها التلميذ الوفى ، كما أننى فى هذا المجال لا يفوتنى أن أشكر أخوة لى من العاملين بقسم الفيزياء وأخص كل من السادة سيد طنطاوى لما قدمه من مساعدات فنية وتصوير الأطياف ، والمهندس ابراهيم عبد الوهاب لاسهامه فى حل بعض المشاكل الفنية بالجهاز والسيد محمد محى رمضان لانجازه بعض الرسومات التى تطلبها البحث والسيد عبد الحميد درويش لما قام به من جهد مشكور فى نسخ هذا البحث . وأخيرا فانى أدعو المولى العلى القدير أن يجزى كافة من قدم لى يد العون فى سبيل انجاز هذا البحث عنى كل خير .

------- ------

الفهـــــــرس

رقم الصفحة

الجزء النظرى

الجزء العملـى

التجارب العملية والنتائج

رقم الصفحة

الجزء النظري

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة عامة :

في بداية هذا الفصل والذى يعتبر الفصل الأول من هذا البحث يجب أولا وقبل أن نتعمق في موضوعنا وهو طيف أشعة جاما وتفاعلات اشعاعات جاما مع المواد يجب أن نتطرق بعض الشئ الى كل من الاشعاعات الثلاثة الفا - بيتا - جاما . وذلك لكى نكون على بينة من كل من تلك الاشعاعات . وسوف نبين كيف تم اكتشاف تلك الاشعاعات حيث يتضح أن أشعة جاما انما هي - اشعاعات كهرومغناطيسية لا تتأثر بالمجال الكهربى أو المغناطيسى ولا تنجذب نحو أى قطب سواء كان السالب أو الموجب .

كما يجب أن نتطرق الى دراسة طبيعة هذه الاشعاعات من حيث قوة نفاذتها ومدى اختراقها للمواد . وهى ماتعرف بقوة التأين وقوة الاختراق .

ومن ثم نستطيع الدخول الى دراسة أشعة الجاما موضحين الخواص التى تتصف بها تلك الاشعاعات . ثم ننتقل الى دراسة تفاعل أشعة الجاما مع المادة . وذلك بدراسة ثلاث تأثيرات مختلفة تختص بأشعة جاما .

وسوف ندرس بعض الكواشف النووية ونخص بذلك دراسة عداد الوميض الذى يستخدم لقياس هذا النوع من الاشعاع حيث نقوم بتوضيح طيف اشعاع جاما .

النشاط الاشعاعي : Radioactivity

نستطيع تعريف النشاط الاشعاعى أو اكتشاف بيكوريل بأنه اضمحلال نواة ذرة أو مجموعة من الذرات .

وقد اكتشفت هذه الظاهرة بواسطة العالم بيكوريل فى عام ١٨٩٥ وشملت هذه الظاهرة معظم النويات الثقيلة ومن هذه النويات اكتشف بيكوريل أن اليورانيوم (Z=92) يطلق مجموعة من الاشعاعات لها القدرة على اختراق المواد تؤثر فى لوح فوتوغرافى كما أن لها القدرة على تأيين الغاز . وأطلق على هذه الظاهرة اسم النشاط الاشعاعى .

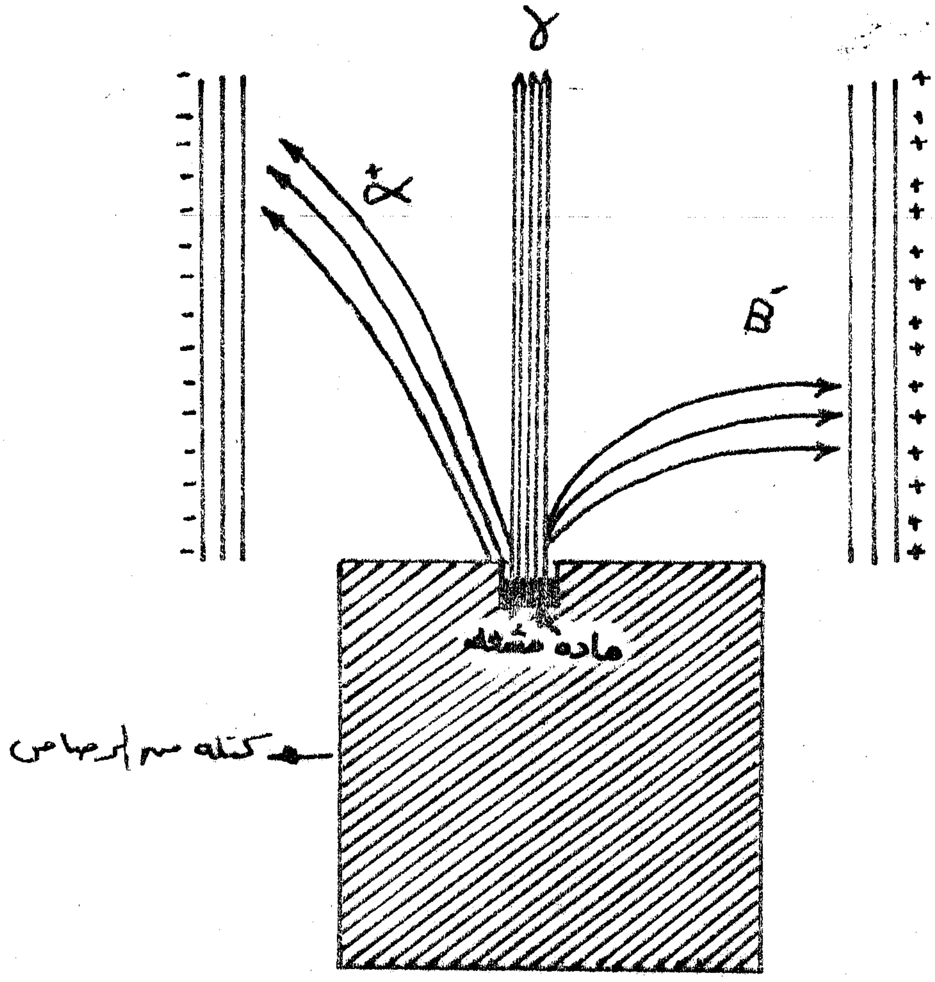
اكتشاف الراديوم :

فى عام ١٨٩٨ تم اكتشاف الراديوم بواسطة مدام كورى وزوجها وقاما بتجارب عديدة لتحديد خواص أشعة بيكوريل وسرعان ما اكتشف عناصر جديدة مشعة اكثر نشاطا بالاضافة الى اليورانيوم نفسه مثل الراديوم والبولونيوم .

ثم جاء - رذرفورد وأثبت خصائص الأشعة التى تطلقها النويات طبيعيا من خلال تجاربه . فوجد أنه ينبعث منها ثلاث أنواع من الأشعة كالتالى :- [انظر شكل (١)]

(١) أشعة تنحرف انحرافا قليلا نحو اليسار .

وهى أشعة موجبة الشحنة ثقيلة الوزن سميت بأشعة ألفا (α) أو جسيمات الفا (α) وأثبت رذرفورد أن أشعة (α) ماهى ذرات الهيليوم التى فقدت الكترونين $_2He^4$ معنى ذلك أن



شكل (١)
إنبعاث الاشعاعات النووية

شحنتها $Z=2$ وكتلتها $A=4$.

(٢) أشعة تنحرف انحرافا كبيرا تجاه اليمين

وهى أشعة سالبة الشحنة خفيفة الوزن وسميت هذه الأشعة بأشعة بيتا (β) . وهى عبارة عن الكترونات أى أن كتلتها $\frac{1}{1836}$ من كتلة البروتون وشحنتها تساوى شحنة الالكترون .

(٣) أشعة لا تعانى أى انحراف

وهى أشعة عديمة الكتلة والشحنة سميت بأشعة جاما (γ) وهى موجات كهرومغناطيسية ذات موجات وتردد أعلى من أشعة اكس (X) ومن الأشعة الضوئية .

أجهزة كشف الاشعاع النووى

Nuclear Detectors

أجهزة كشف الاشعاع النووى هى أجهزة حساسة خاصة بالكشف عن الجسيمات المؤينة وأشعة جاما (γ) وتعتمد هذه الأجهزة على تتبع خصائص هذه الأشعة والتعرف عليها ومن أمثلتها :-

١- الالكترومتر	Electrometer
٢- غرفة ولسن السحابية	Cloud chamber
٣- عداد جيجر - مولر	Geiger-Muller Counter
٤- عداد الشرارة	Spark Counter
٥- غرفة التأين	Ionization Chamber
٦- عداد الوميض	Scintillation Counter
٧- كاشف أشباه الموصلات	Semi-Conductor-Detector

وسنوضح فيما يلى أهم هذه الأجهزة وهى عداد جيجر وعداد الوميض.

عداد جيجر : Geiger-Muller Counter

يعتبر عداد جيجر واحد من أهم أجهزة قياس الاشعاع النووى اذ بواسطته يمكن ايجاد عدد الجسيمات المشعة المنبعثة من أى مادة .

ويتركب العداد كما فى الشكل (٢) من اسطوانة معدنية بداخلها غاز خامل مثل الأرجون تحت ضغط مخلخل الى حوالى ٥٠ سم زئبق ومثبت داخل الاسطوانة سلك معزول عنها عزلا جيدا .

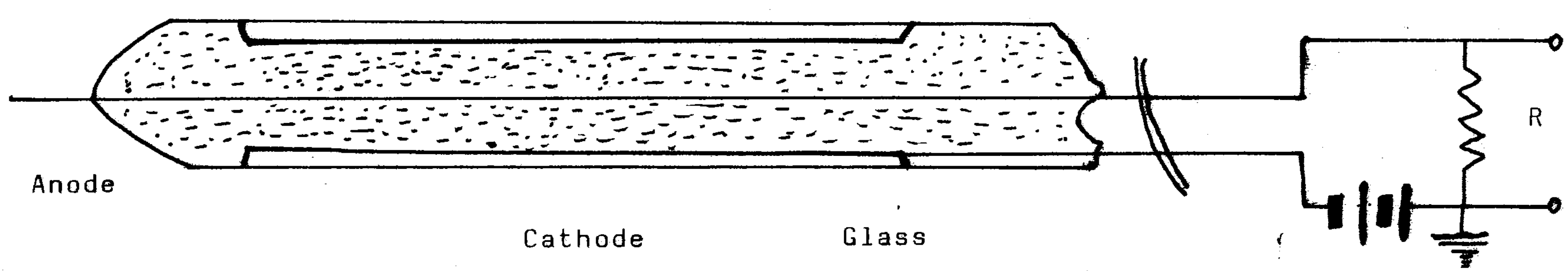


Figure (2) Diagram of Geiger-Müller tube

ويوضع بين السلك والاسطوانة فرق فى الجهد أقل قليلا من الجهد اللازم لاحداث انهيار أو تفريغ كهربى فى الغاز حيث يتصل جسم الاسطوانة بالأرضى وتعمل كأنها الكاثود بالنسبة للسلك الذى يوضع عليه جهد كهربى موجب . ويقفل الاسطوانة فى الأمام نافذة رقيقة جدا من مادة الميكا حتى تسمح بدخول الأشعة للعداد بسهولة وعند مرور أى جسم داخل الغاز يحدث تأين وتتعجل أيونات الغاز بتأثير فرق الجهد بين السلك والاسطوانة . مما يسبب المزيد من التأين عن طريق التصادم بين الأيونات المتعجلة وجزيئات الغاز يسمى بالتأين الثانوى ويسبب ذلك مرور تيار يسمى تيار التأين .

ويوضح شكل (٣) العلاقة بين الجهد وتيار التأين لحظة مرور الجسيم وينتج عن ذلك تغير لحظى فى فرق الجهد بين السلك والاسطوانة يظهر على شكل نبضة كهربية تصاحب مرور كل جسيم داخل الجهاز ويمكن تكبير تلك النبضات بواسطة مكبر ويوصل بعد ذلك الى عداد الكترونى وهذا يعنى امكان ايجاد عدد الجسيمات الكلى الذى يمر بالعداد اذ أن كل جسيم مشحون يدخل الأنبوبة يحدث نبضة الكترونية فى الجهاز .

يستخدم عداد جيجر عادة لقياس جسيمات بيتا والالكترونات الثانوية المنتجة من تفاعل اشعاع جاما مع جدران العداد ويصعب قياس جسيمات الفا بواسطة هذا العداد نظرا لقوة الاختراق الضعيفة جدا التى تتميز بها أشعة الفا . تختلف سعة النبضة الكهربية التى يحدثها عداد جيجر باختلاف حجم

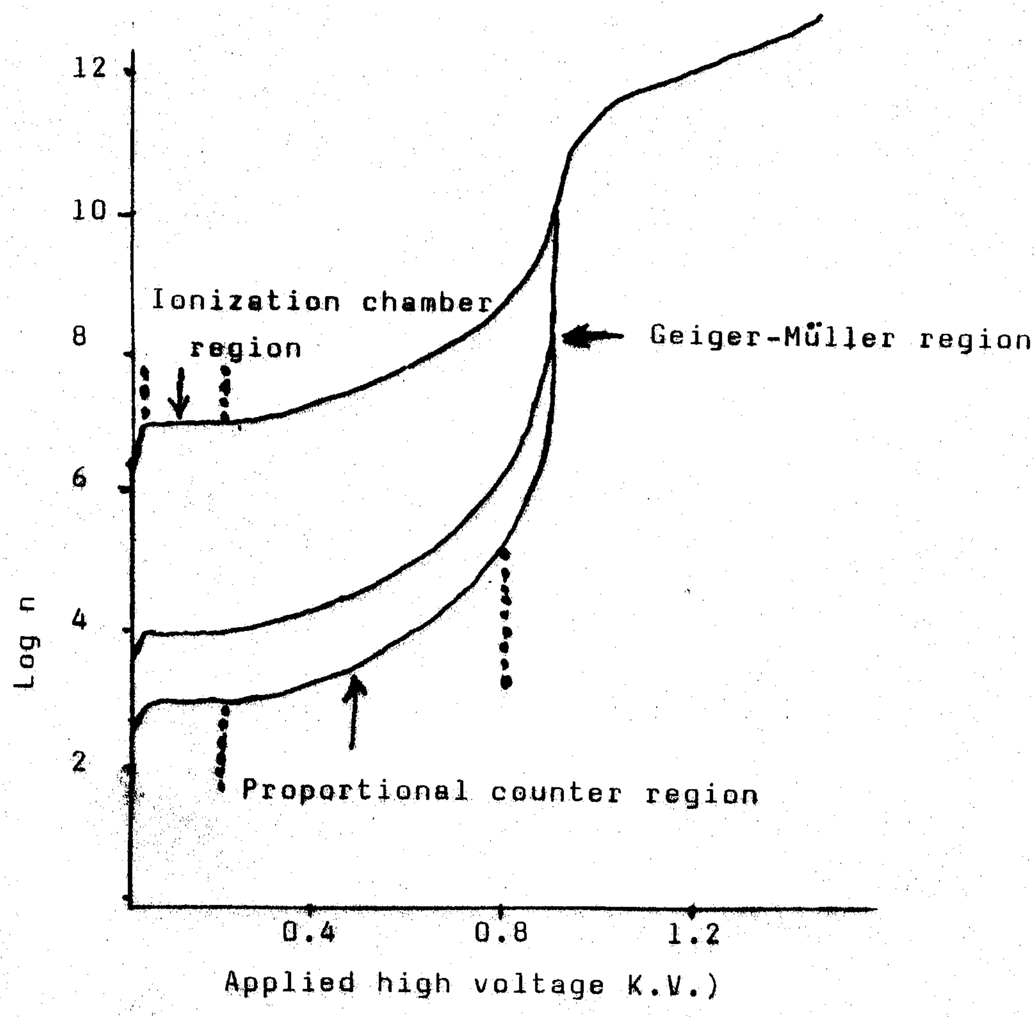


Figure (3) Total ion collection versus applied high voltage

الا نبوبـة ولكنهـا تسـاوى تقريبا ٢٥٠ فولت فى حالة الا نابيب الصغيرة الحجم وحوالى ٥٠٠ فولت فى الا نابيب الكبيرة الحجم .

يحدث تغيير مفاجئ فى الجهد الكهربى داخل الا نبوبة لمدة جزء من ميكروثانية فيتجه تجمع الالكترونات سريعة الحركة يتبعها فترة نقاهة طويلة لازمة لتجميع الايونات الموجبة بطيئة الحركة وتكون هذه الفترة فى حدود ١٠٠ ميكروثانية تقريبا . يكون العداد خاملا عن قياس أى جسيم جديد خلال هذه الفترة والتى تسمى بالوقت الميت للانبوبة dead time ولهذا فكلما قصرت هذه المدة كانت خصائص الانبوبة جيدة .

عداد الوميض Scintillation Counter

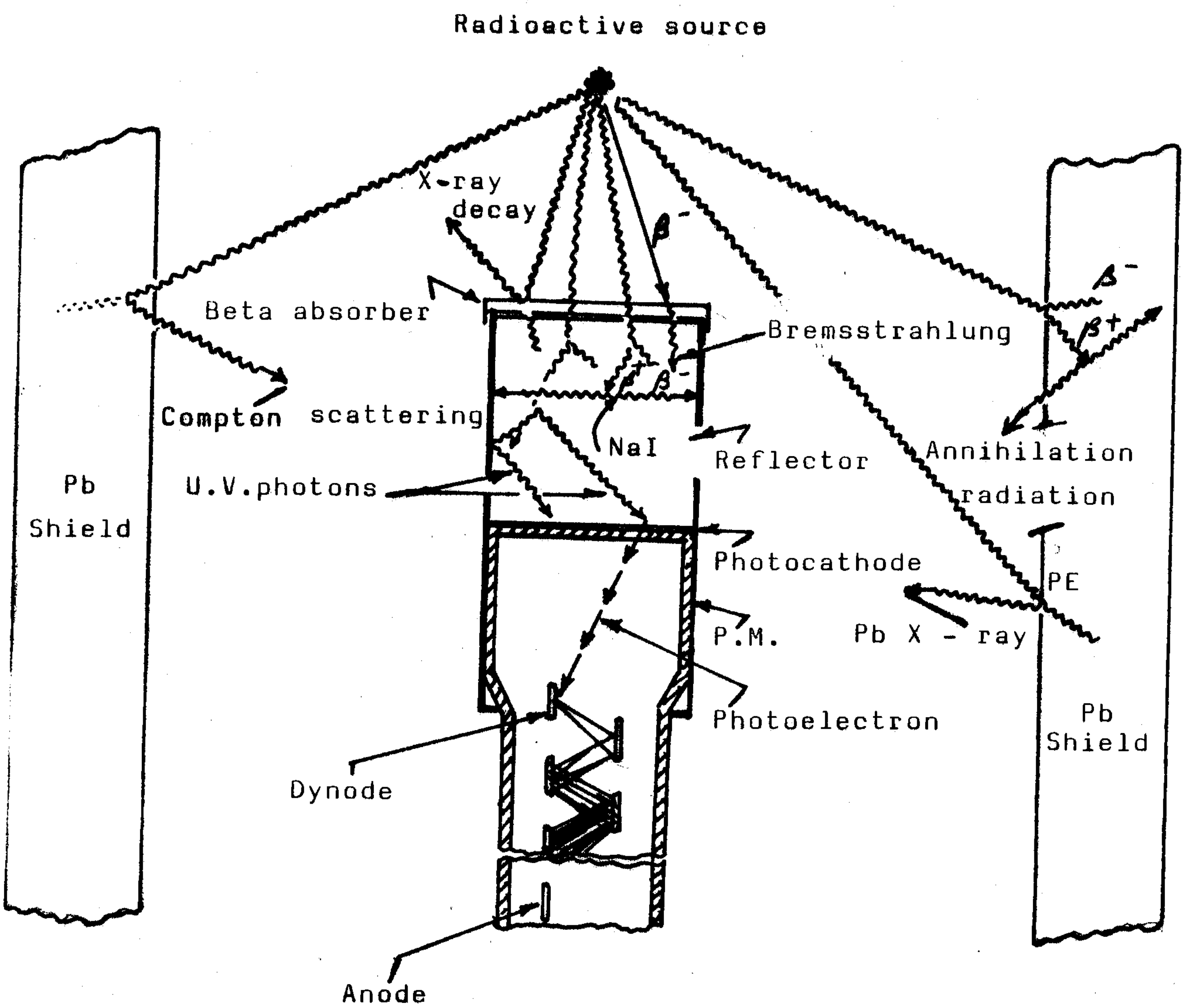
هو اكثر الكاشفات النووية شيوعا لقياس اشعة جاما وهو يتكون من بلورة من يوديد الصوديوم المنشطة بنسبة بسيطة من الثاليوم Na I (T*l*) وتتميز هذه البلورة بخواصها البلورية الفريدة وهى مغلفة بطبقة رقيقة من شرائح الألمنيوم تعمل على حمايتها من الرطوبة والضوء الخارجى ماعدا الجزء الأسفل منها والذى يعلق بمضاعف ضوئى Photomultiplier tube بواسطة مادة لها خواص ضوئية مميزة مثل شحم السيلكون Silicon Grease

عندما تسقط أشعة جاما على البلورة تتفاعل فوتونات أشعة جاما مع مادة البلورة محدثة الكترونات ذات طاقة عالية Energetic Electrons وهذه الالكترونات تعمل على اثارة ذرات اليود بواسطة عدة طرق سنشرحها فيما بعد . وينتج من هذه العملية توليد فوتونات ضوئية أو ومضات فى مجال الضوء المرئى أو

الاشعة الفوق بنفسجية وتعتمد كثافة هذه الومضات على طاقة أشعة جاما الساقطة والتى تم امتصاصها بواسطة البلورة .

عند سقوط هذه الومضات على المضاعف الضوئى فانها تسقط أولا على كاثود المضاعف الضوى والذى يصنع من مواد لها دالة شغل عالية مثل الانتيمون والسيزيوم (عناصر قلوية أرضية) وعليه جهد سالب ويقوم هذا الكاثود بتحويل طاقة الفوتونات الضوئية الى الكترونات ضوئية Photo electrons تقع تحت تأثير مجال كهربى متزايد من سطح الكاثود الى الانود بواسطة مجموعة من الألواح الموجبة تسمى داينودات Dynodes متصلة بجهود موجبة متزايدة فى اتجاه الانود .

تصطدم الالكترونات الضوئية المتولدة من الفوتو كاثود بالداينود الاول وينتج عن هذا الاصطدام توليد الكترونات ثانوية Secondary electrons تتجه الى الداينود الثانى وتصطدم به ويتولد مزيد من الالكترونات الثانوية تتجه بدورها الى الداينود التالى وهكذا تتضاعف عدد الالكترونات الثانوية المتولدة داخل انبوبة المضاعف الضوئى حسب عدد الداينودات الموجودة والتى تكون عادة بين ١٠ - ١٦ داينود ، ويصل عدد الالكترونات التى تصل الى الانود (أو اللوح) الى حوالى مليون الكترون لكل فوتون ضوئى ساقط على الفوتو كاثود (انظر شكل ٤) وعندما يمر هذا الفيض من الالكترونات فى مقاومة كهربية ينشأ عنها فرق فى الجهد بين طرف المقاومة يسمى بالنبضة الكهربية Electric pulse



Various reactions of gamma rays in the vicinity of NaI scintillation crystal

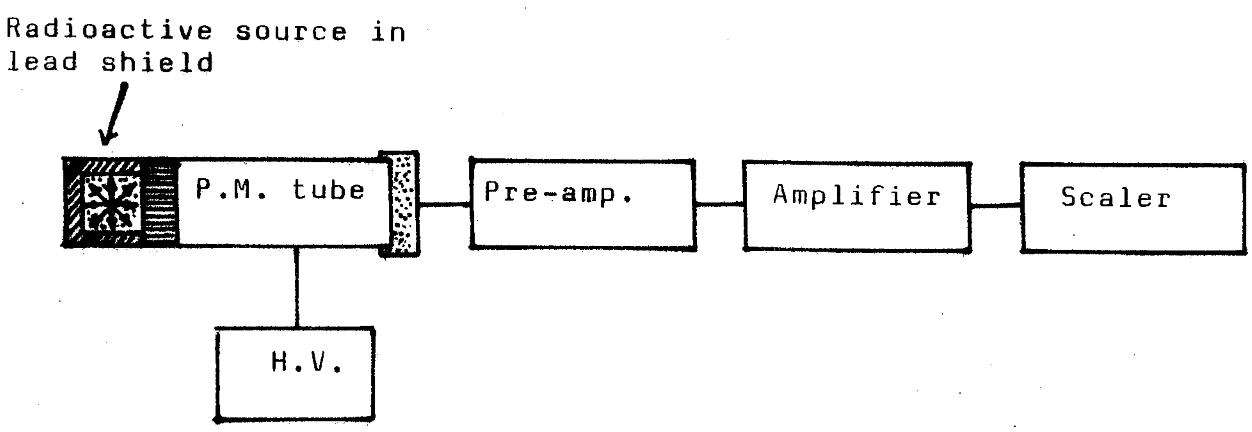


Figure (4) Scintillation Counter

تكون قيمتها فى حدود بضعة مللى فولتات . وتتناسب قيمة هذه النبضة الكهربية مع طاقة اشعة جاما الساقطة على البلورة .

يتم اضافة كمية ضئيلة من مادة الثاليوم الى بلورة يوديد الصوديوم لتعمل ازاحة فى الطول الموجى لفوتونات الومضات الضوئية بحوالى 410 nm والتى تكون مناسبة تماما لظروف الفوتوكاثود . كما تعمل مادة الثاليوم على احداث اضمحلال سريع للومضات الضوئية المتكونة لتكون البلورة جاهزة بسرعة لمزيد من التفاعلات السريعة .

يتم تكبير النبضة الكهربية على مرحلتين المرحلة الأولى بواسطة مكبر كهربى أولى Pre-amplifier ثم بواسطة مكبر كهربى خطى Linear amplifier والذى يقوم بتحويل النبضة من نبضة سالبة الى نبضة موجبة قيمتها حوالى ١٠ فولت .

بعد تكبير النبضة بواسطة المكبرات الكهربية يتم توصيلها الى اجهزة العدادات الالكترونية Counters مباشرة ليتم عدها وتسجيلها ويتناسب عدد هذه العدات مع عدد النبضات الالكترونية وبالتالى مع عدد أشعة جاما الساقطة كما يمكن أن يتم توصيل النبضات الى محللات الطيف وحيدة القناة .
Single channel analyzer (SCA)
أو محللات الطيف عديدة القنوات Multi-channel analyzer (MCA)
يتم بواسطتها تحليل النبضات بدلالة عددها وقيمة جهدها (ارتفاع النبضة) ويتم تسجيل هذا التحليل والذى يساعد على دراسة طيف اشعاعات جاما والذى يعتمد على طاقة اشعاع جاما الساقط وعلى نوع تفاعلاتها مع مادة البلورة والوسط المجاور .

يمكن قياس الطاقات المختلفة لأشعة جاما كذلك قياس جسيمات بيتا وجسيمات الفا كذلك بواسطة عدادات الوميض باختيار البلورات المناسبة لكل نوع من الاشعاع ولكل مستوى من الطاقة .

أشعة جاما Gamma rays

مقدمة :

أشعة جاما هى أشعة نووية ذات طول موجى قصير وهى تختلف عن جسيمات الفا وجسيمات بيتا بأنها اشعاعات كهرو مغناطيسية تتكون من فوتونات أو كم يسير بسرعة الضوء تقريبا وهى لذلك لا تحمل كتلة ولا تحمل شحنة ولا تتأثر بالمجالات الكهربية والمغناطيسية ولها قوة اختراق عالية وتختلف عن الأشعة السينية والأشعة المرئية وأشعة الرادار فى طول الموجه والتردد حيث لها طول موجى أقصر وتردد أعلى .

تعانى أشعة جاما من الامتصاص خلال مرورها فى المواد وتحدث تأينا للأوساط التى تمر بها مثل الهواء مثلا حيث تحدث ١٥٠ زوج من الأيونات لكل سم واحد من المسار .

تنبعث أشعة جاما من معظم المواد المشعة الطبيعية والمواد المشعة الصناعية وتتراوح طاقتها من بضعة Kev الى حوالى 3 Mev فعند انبعاث جسيمات الفا أو β^+ أو β^- من الأنوية فانها تترك هذه الأنوية فى حالة مستثارة Excited state ويتم فقد هذه الطاقة المستثارة بواسطة انبعاث أشعة جاما اما

على مرحلة واحدة أو عدة مراحل حتى تستنفذ كل طاقة الاثارة .

عندما تصطدم أشعة جاما مع النواة أو مع الالكترون المدارى أو مع المجال الموجود حول الذرة يكون هذا التصادم اما مرن أو غير مرن أو امتصاص كلى لطاقة فوتون اشعاع جاما ويحدث نتيجة هذه التصادمات سبعة انواع من التفاعلات سوف ندرس أهم ثلاثة من هذه التفاعلات فى الأجزاء القادمة .

طبيعة أشعة جاما (γ) :

يمكن أن نلخص طبيعة اشعاعات جاما (γ) فيما يلى :-

١- ضعيفة القدرة على التأين ولا تنحرف بأقوى مجال مغناطيسى ولا بالمجال الكهربى مما يؤكد أن طبيعتها غير مكونة من دقائق مشحونة .

٢- أشعة جاما (γ) أشعة كهرومغناطيسية . وأطوال موجات فوتوناتها صغيرة جدا وتصل الى حوالى $\frac{1}{100}$ من أطوال موجات الأشعة السينية .

٣- انها ذات طاقات عالية جدا مما يسمح لها بالنفاذ خلال بضعة ملليمترات من الرصاص وربما اكثر .

٤- تظهر حيود على بعض البلورات تماما . كما يحدث للأشعة السينية وقد وجد ان زوايا الحيود لأشعة جاما (γ) صغيرة بدرجة كبيرة .

٥- يشكل طيف أشعة جاما (γ) المنبعث من أى عنصر طيفا خطيا

وبذلك فهو مختلف عن طيف بيتا (β) الذى هو من النوع المستمر أى أن طاقة الفوتون الصادر من نواة ذرة معينة تكون ثابتة دائما مما يشير الى أن انبعاث الفوتون يصاحب دائما انتقال النواة من مستوى طاقة مرتفع الى مستوى طاقة أقل منه .

٦- تؤثر فى الواح التصوير الحساسة واذا كانت ذات شدة كافية فان الوميض يظهر على حاجز مغطى بمادة متوهجة .

٧- طاقة اشعة جاما (γ) كبيرة وتصل احيانا الى عشرات المرات قدر طاقة أشعة اكس (X) ويتراوح طولها الموجى بين ١ ، ١٠^{٥} أنجسترون .

٨- تنتشر فى خطوط مستقيمة بسرعة الضوء تقريبا .

اضمحلال جاما Gamma Decay

اضمحلال جاما هو عملية تحول للنواة من حالة مستثارة (غير مستقرة) الى حالة مستقرة بدون أن تفقد شيء من شحنتها أو كتلتها وهى حالة مصاحبة عادة لانبعاث جسيم الفا أو جسيم بيتا وتظهر أهمية قياسات اضمحلال جاما فى قياس مستويات الطاقة داخل النواة والتعرف على التحولات التى تتم داخلها (حتى بدون انبعاث جسيمات ذرية) .

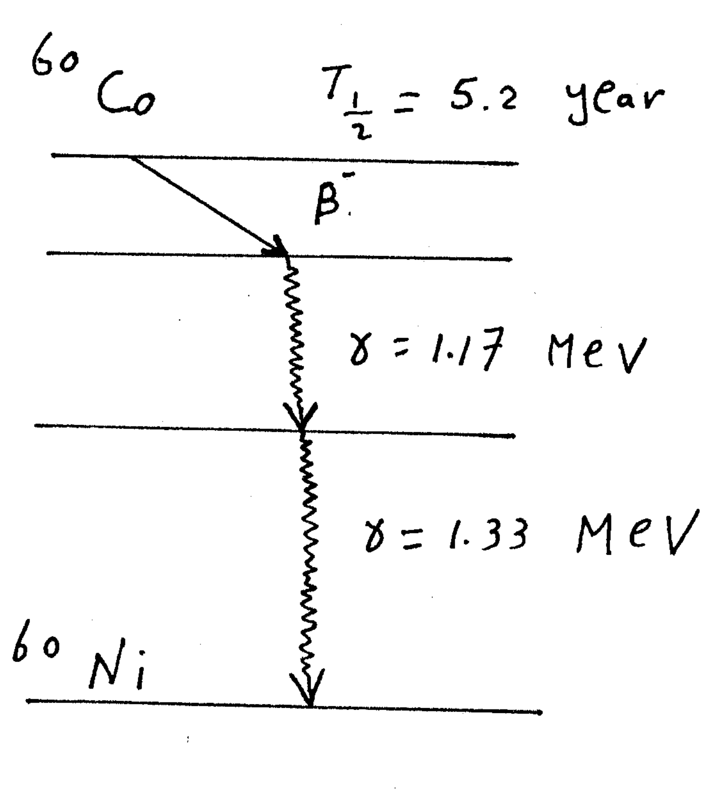
ولأن اشعاع جاما ليس له كتلة أو شحنة لذا يمكن قياسه نتيجة امتصاصه وتفاعله مع المواد وذلك لتميزه بقوة اختراق كبيرة فى المواد وكذلك طول مداه .

فاذا كانت طاقة الحالة المستثارة هى $E_{excited}$ وطاقة الحالة المستقرة هى E_{ground} فان فرق الطاقة بين المستويين هو طاقة اشعاع جاما الصادرة من النواة ويساوى

$$\Delta E = E_{excited} - E_{ground} = h\nu$$

حيث h ثابت هو ثابت بلانك ، ν تردد الموجه المصاحبة للاشعاع .

ولأن h قيمة ثابتة ، ν هى قيمة ثابتة أيضا وتتناسب مع فرق بين مستويين للطاقة لذا فالقيمة ΔE قيمة محددة أيضا ومعنى هذا أن طيف جاما هو طيف محدد discrete وقصير وليس متصل كما هو الحال فى طيف جسيمات بيتا مثلا مما يدل على أن للنواة مستويات محددة للطاقة وكمثال لعملية اضمحلال جاما اضمحلال مادة الكوبالت المشع ^{60}Co مثلا والتى تضمحل الى مادة النيكل بخروج جسيمات بيتا واشعاعين من اشعاعات جاما وتمثل نواة الكوبالت النواة المستثارة ونواة النيكل هى النواة المستقرة .



يمكن قياس الكمية ($h\nu$) والتى تساوى طاقة اشعاع جاما بعدة طرق نذكر بعض منها وهى :

١- بقياس اطوال موجات اشعة جاما بتجارب الحيود مثل تلك التى تستخدم فى حالة الأشعة السينية باستخدام طريقة براج وسبكترومتر يمكن تعيين طول الموجة ومن ثم التردد ، وبضرب قيمة التردد فى ثابت بلانك تنتج الطاقة .

٢- لو سببت طاقة جاما اطلاق أحد الالكترونات من المدارات الخارجية للذرة وهى العملية التى تسمى الالكترونات الضوئية Photo-electrons فان طاقة اشعاع جاما تعطى بالمعادلة

$$h\nu = K_e + I$$

حيث I هى طاقة الربط للالكترون فى مداره وهى كمية معلومة ، K_e هى طاقة الحركة للالكترونات المنبعثة وهى كمية يمكن قياسها وبالتالى يمكن حساب الكمية $h\nu$

٣- عند مرور اشعاع جاما فى المواد يفقد طاقته نتيجة لامتصاصها فى الوسط المار به حسب المعادلة

$$I = I_o \; e^{-\mu x}$$

حيث I_o هو كثافة (كمية) الأشعة قبل الامتصاص .

I هو كثافة (كمية) الأشعة بعد الامتصاص .

X هو سمك المادة التى احدثت الامتصاص .

μ هو معامل الامتصاص لهذه المادة .

يمكن تعيين الكمية μ بتجارب بسيطة وهذه الكمية تربطها بالطاقة E علاقة خطية حيث تتناسب قيمة μ مع قيمة E وهناك جداول لهذه العلاقات لكل مادة وبالتالى يمكن تعيين معامل الامتصاص ويمكن ايجاد طاقة اشعاع جاما من الجداول المناظرة لمعامل الامتصاص .

طاقة أشعة جاما (γ) :-

عندما يقذف فوتون من أشعة جاما (γ) بتردده (ν) وطاقته ($h\nu$) بالالكترون من احدى المستويات الذرية ولتكن المستوى (K) مثلا فانه يجب أن يعطى فورا من الطاقة لازالة هذا الالكترون ومن ثم يترك الجزء الخارجى من الذرة فى حالة تأين .

أما طاقة الالكترون فتعطى بالمعادلة التالية :

$$\frac{1}{2} M V^2 = h\nu - E$$

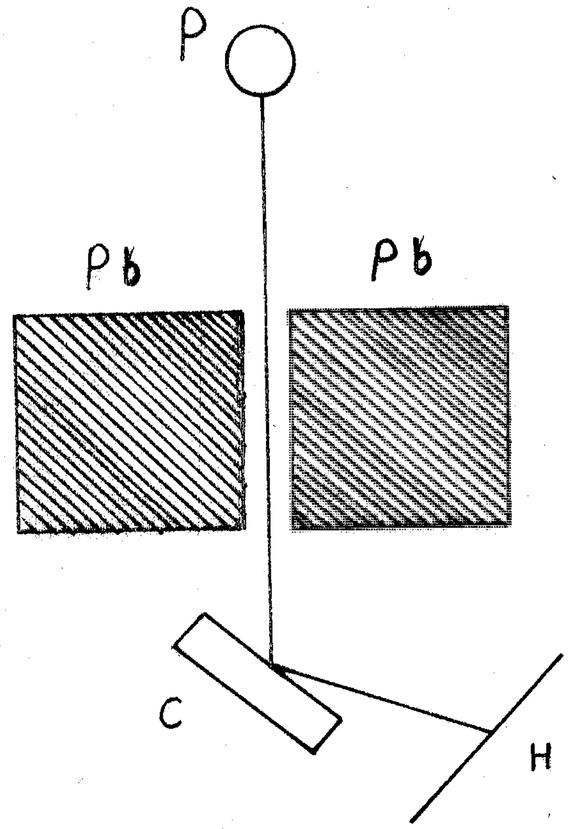
فاذا كانت سرعة الالكترون كبيرة جدا فيجب عندئذ تطبيق المعادلة بطاقة الحركة . هذا وتنطبق معادلة متماثلة على الالكترونات المنبعثة من المستويات N, M, L . ويمكن حساب طاقة أشعة جاما (γ) المنبعثة من النواة . ومن ثم تردده وذلك بقياس λ طاقة الالكترونات المنبعثة بواسطة المطياف المغناطيسى . وطيف أشعة جاما (γ) المنبعثة نتيجة لتحول الراديوم Ra(C) الى الراديوم Ra(H) بسيط للغاية . وقد قيس بطريقة البلورة ووجد انه يتركب من خط منفرد طول موجته $\lambda = 26\ A^o$

وهذا يعادل طاقة فوتون اشعاع جاما (γ) واذا فرض أن أشعة جاما (γ) تأتى من نواة الراديوم فلابد أن الالكترونات التى تنفذ من ذرة الراديوم تكون آتية من المستوى الالكترونى لهذه الذرة .

قياس اطوال موجات أشعة جاما (γ) :

تقاس اطوال موجات أشعة جاما (γ) بواسطة طرق الحيود البلورى للأشعة السينية وقد استخدم (رذرفورد) سبكترومتر براج لتعيين اطوال موجات اشعة جاما (γ) من راديوم بيتا وفيه تنبعث اشعة جاما (γ) من المادة (P) (انظر شكل ٥) ذات النشاط الاشعاعى المعد لهذا الغرض. ثم تنفذ خلال ثقب ضيق فى قطعة من الرصاص وتخرج منها على هيئة شعاع ضيق يسقط على بلورة الملح الصخرى (C) وينعكس ليقابل اللوح الفوتوغرافى كما هو موضح فى شكل (٥) وبادارة البلورة من الصفر الى 10^{-5} نحصل على عدد من الخطوط الحاد المرادفة لأطوال موجات اشعة جاما (γ) المنبعثة من راديوم بيتا .

وبتحويد مواضع النهايات العظمى ومعرفة المسافة بين المستويات البلورية للملح الصخرى يمكن استنتاج اطوال موجات اشعة جاما (γ) المنبعثة من المصدر . وقد وجد من نتائج هذه التجربة أن اطوال موجات اشعة جاما (γ) تختلف باختلاف المصدر المشع وتتراوح اطوال هذه الموجات بين $0.7\ A^{o}$, $0.4\ A^{o}$ وعندما تكون الزويا صغيرة جدا وكذلك المسافة بين المستويات يستخدم جهاز دوفوند .



شكل (5)
طريقة براج فى إحداث إنعكاس
لتعيين الطول الموجى لأشعة جاما «γ»

تفاعلات اشعاع جاما مع المواد Interaction of Gamma Radiation with Matter

تتميز تفاعلات جاما مع المواد بأن كل فوتون من اشعاع جاما يخرج منفردا من الأشعة الساقطة بناءا على حادثة منفردة ولذا فان عدد الفوتونات الخارجة ΔB يتناسب مع سمك المادة المقطوع ΔX وعلى عدد الفوتونات الساقطة أى أن

$$\Delta B = - \mu B \ \Delta X$$

حيث μ هو ثابت التناسب ويسمى معامل الامتصاص واذا كان الاشعاع متجانسا فان μ تكون ثابتة وينتج من تكامل المعادلة السابقة أن

$$B = B_o \exp. (-\mu X)$$

المعادلة الأخيرة تبين أن عدد الفوتونات المتبقية فى الشعاع يتناقص بدالة لا نهائية مع المسافة المقطوعة . ولأن "X" يمكن التعبير عنها بوحدات cm أو gm/cm^2 أو $atoms/cm^2$ أو $electrons/cm^2$.

ويسمى معامل الامتصاص μ أحيانا بالمقطع المستعرض cross section وتكون وحداته cm^{-1} أو cm^2/g أو $cm^2/atom$ أو $cm^2/electron$

عند ما تسقط أشعة جاما على المواد فانها تمتص بواسطة هذه المواد وتتفاعل معها ويعتمد نوع التفاعل على طاقة الأشعة الساقطة فاذا نفذت اشعة جاما ذات طاقة منخفضة خلال مادة فانه رغم انخفاضها تكفى لاثارة الكترونات المدارات الداخلية الى مدارات خارجية

وعند رجوع هذه الالكترونات الى مداراتها الداخلية فان طاقة اثارتها تنطلق على هيئة أشعة سينية مميزة .

فى حدود مستويات الطاقة العادية والتى تتراوح مابين بضعة Kev الى حوالى 5 Mev فان هناك ثلاث تفاعلات أساسية لأشعة جاما نتناولها فيما يلى :

أولا : الامتصاص الكهروضوئى Photoelectric absorption

يعتبر الامتصاص الكهروضوئى من أهم طرق امتصاص فوتونات جاما ذات الطاقة المنخفضة بواسطة المواد ذات الأوزان الذرية المنخفضة . فى هذه العملية يعطى الفوتون كل طاقته الى الالكترونات المقيدة لذرات المادة المختصة . وتستخدم جزء من هذه الطاقة لتحرير الالكترون والجزء الآخر يكتسبه الالكترون كطاقة حركة ويمكن كتابة هذه الصورة بالمعادلة

$$h\nu = T + I$$

حيث $h\nu$ هى طاقة فوتون اشعة جاما الساقط حيث تمتص كليا تحت التأثير الكهروضوئى بواسطة طرق الميكانيكا الكمية .

I هو الجهد الأيونى للالكترون المدارى

T هى طاقة حركة الالكترون بعد تحريره من مداره

تنطلق الالكترونات تحت تأثير الكهروضوئى من المدارات الذرية K, L, M, ... ومعنى هذا أن الالكترونات الحرة لا يمكنها امتصاص هذه الطاقة لتصبح الكترونات كهروضوئية حيث أن لا بد من وجود جسم ثالث (النواة) لحفظ قيمة كمية الحركة . ولذا

فانه يمكن استنتاج أن عملية الامتصاص الكهروضوئى مقصورة على الالكترونات المفيدة وان احتمالات الامتصاص الكهروضوئى تزيد بزيادة طاقة ربط الالكترون بالنواة لدرجة أنه عند طاقات أعلى من طاقة الربط للمدارات L و K فان الامتصاص الكهروضوئى لالكترونات المدارات الأخرى يكون قليلا أو منعدما .

عندما يتفاعل فوتون أشعة جاما وحيد الطاقة مع المادة بحيث يصبح التأثير الكهروضوئى هو السائد فان خط طيفى مميز ينتج بوساطة انطلاق الكترون من المدارات K, L أو أحد المدارات الأخرى . وعندما تملىء هذه المدارات بواسطة الكترونات من المدارات الخارجية فان الذرة تطلق اشعتها السينية المميزة والكترونات التثقيب Auger electrons .

يعتمد معامل الامتصاص الكهروضوئى على العدد الذرى (Z) لذرات مادة الامتصاص وكذلك على طاقة الفوتون الساقط وينعدم التأثير الكهروضوئى على الالكترونات الحرة كما اسلفنا اذا كانت طاقة الفوتون صغيرة وفى نفس الوقت يكون التأثير اكبر ما يمكن فى طاقة الفوتون وذلك لاهمال طاقة الربط للالكترونات فى المستوى K للذرة .

يكون المقطع المستعرض لكل ذرة للامتصاص الكهروضوئى α_T هو

$$\alpha_T = \psi_o \, Z^5 \left(\frac{1}{137}\right)^4 4\sqrt{2} \left(\frac{m_o c^2}{h\nu}\right)^{7/2}$$

حيث ψ_o هى كمية ثابتة وتساوى

$$\Psi_o = \frac{8\pi}{3} \left(\frac{e^2}{m_o C^2}\right)^2 = 6.651 \times 10^{-25} \ cm^2$$

حيث $h\nu$ هى طاقة الفوتون الساقط

$m_o C^2$ طاقة السكون للالكترون

Z العدد الذرى للمادة الماصة

Ψ_o وحدة قياس المقطع المستعرض وتمثل المقطع المستعرض للتشتت فى طاقات الفوتونات ذات الطاقة المنخفضة بواسطة الكترون عند السكون .

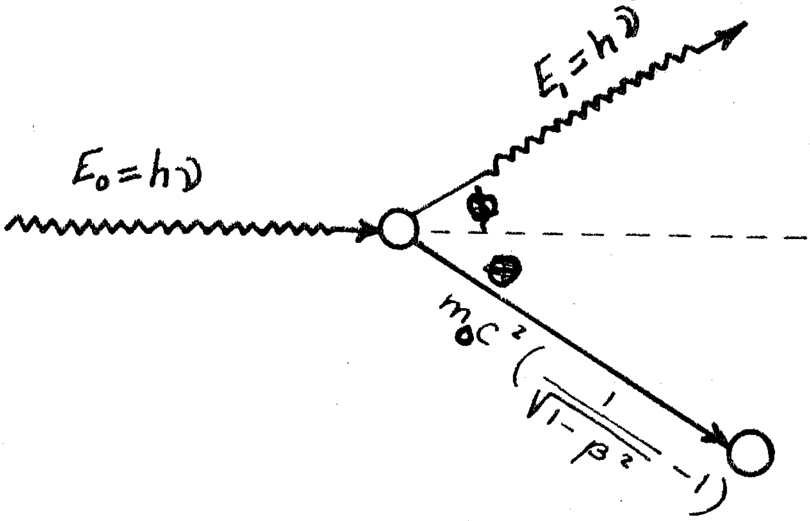
تطبق المعادلة السابقة فقط فى ازالة الالكترونات من المستوى K من الذرة والذى تقدر ب ٨٠٪ من اجمالى التأثير الكهروضوئى . تظهر أهميةعملية الا متصاص الكهروضوئى فى حالة المعادلة الثقيلة مثل الرصاص عنها فى العناصر الخفيفة مثل الألمنيوم ويزداد التأثير الكهروضوئى فى الفوتونات ذات الطاقة المنخفضة عن الفوتونات ذات الطاقة العالية تبعا لذلك فان التأثير الكهروضوئى يكون هاما فى امتصاص الفوتونات ذات الطاقة المنخفضة بواسطة العناصر الثقيلة .

ثانيا : التشتت بواسطة الالكترونات الذرية (تشتت كومتون)

Compton Scattering

اذا سقط اشعاع كهرومغناطيسى مثل اشعاع جاما أو الأشعة السينية على الكترون ذرى فان الاشعاع الساقط يتشتت عن مساره الأصلى . فعند الطاقات المنخفضة اذا كان الطول الموجى متقاربا مع الأبعاد الذرية يكون هذا التشتت متطابقا coherent بدون أى تغيير فى الطاقة . ولكن عند طاقات أعلى قليلا من طاقة الربط للالكترونات يكون التشتت غير متطابق incoherent حيث تمتص الالكترونات جزء من طاقة الفوتونات الساقطة وتعتمد هذه الكمية على كمية الحركة للالكترونات داخل الذرة . وعند طاقات اعلى بكثير من طاقة الربط للالكترونات يتم تشتيت الفوتونات كما لو كان التصادم حدث بين الفوتون الساقط والكترون حر (أى غير مرتبط بالذرة) وعند السكون . يسمى التشتت الأخير بتشتت كومتون ويكون شائعا عند طاقة حوالى 1 Mev .

لتفسير عملية تشتت كومتون يطبق قانون حفظ الطاقة وقانون حفظ كمية الحركة قبل وبعد التصادم (انظر شكل ٦) وباستخدام التعبيرات النسبية للطاقة والكتلة



Compton Scattering تشتت كومتون (شكل ٦)

$$h\nu = m_0c^2\left[(1-\beta^2)^{-\frac{1}{2}} - 1\right] + h\nu'$$

$$h\nu/c = m_0c\,\beta\,(1-\beta^2)^{-\frac{1}{2}}\cos\phi + (h\nu'/c)\cos\theta$$

$$0 = m_0c\,\beta\,(1-\beta^2)^{-\frac{1}{2}}\sin\phi - (h\nu'/c)\cos\phi$$

حيث β هى النسبة بين سرعة الالكترون وسرعةالضوء .
بحذف أى قيمتين من القيم θ , ϕ , ν , β من هذه المعادلات ووضع $\alpha = h\nu/m_0c^2$. فانه يمكن استنتاج المعادلات الآتية لطاقة الفوتون المشتت ($h\nu$) وطاقة الالكترون المشتت (T) والعلاقة بين (θ) ، (ϕ)

$$h\nu' = \frac{h\nu}{1+\alpha(1-\cos\theta)}$$

$$T = h\nu\left[1 - \frac{1}{1+\alpha(1-\cos\theta)}\right]$$

$$T = h\nu\left[\frac{2}{1+2\alpha+(1+\alpha)^2\tan^2\phi}\right]$$

$$\cos\theta = 1 - \frac{2}{(1+\alpha)^2\tan^2\phi+1}$$

$$\cot\phi = (1+\alpha)\tan(\theta/2).$$

يمكن القول بأن التصادم فى حالة تشتت كومتون هو تصادم غير مرن وبهذا يمكن أيضا الحصول على الفرق فى طول موجة الفوتون المتشتت $\Delta\lambda$ من العلاقة

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_o = \frac{h}{m_o c}(1-\cos\phi)$$

حيث λ_o هى طول موجة الفوتون قبل التصادم

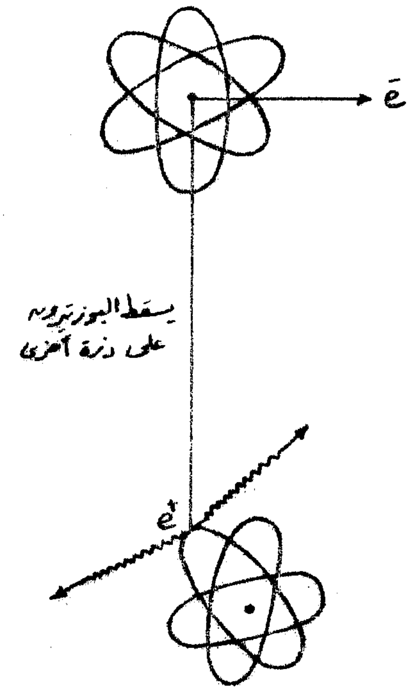
λ هى طول موجة الفوتون بعد التصادم

ϕ الزاوية بين الاتجاهين المبدئى والنهائى

يرتبط التغير فى طول موجة الفوتون (الساقط والمتشتت) بزاوية التشتت وتسمى الكمية $\frac{h}{m_o c}$ بطول موجة كومتون .

ثالثا : الانتاج الزوجى Pair Production

لهذا النوع من التفاعلات عندما يمر فوتون اشعاع جاما ذو طاقة عالية بالقرب من المجال الكهربى للنواة فان هذا الفوتون يختفى تماما ويتحول الى جسيمين متساويين فى الكتلة ولكنهما مختلفين فى الشحنة وتكون طاقة الحركة الكلية لهذين الجسيمين مساوية لطاقة الفوتون الساقط مطروحا منها طاقة الكتلة للجسيمين المنتجين وتسمى هذه العملية بالانتاج الزوجى وثبت أن هذين الجسيمين هما الكترون وبوزيترون والذى يماثل تماما الالكترون ولكن بشحنة موجبة وعمر هذا الجسيم صغيرا جدا اذ سرعان مايتحد مع الكترون حر وينتج عن هذا ظهور فوتون جاما آخر (انظر شكل ٧) .



شكل «٧»

« الإنتاج الزوجي »

وقد دلت التجارب على أن جميع الالكترونات والبوزيترونات تدور (تلف) حول محور يمر بمركز كتلتها (دوران مغزلى) واذا لف الجسيمين فى اتجاه واحد فانهما يتحللان الى ثلاث أشعة من أشعة جاما مختلفة الطاقة فى حين انه اذا كان لفهما فى اتجاهين متضاديين فانهما يتحللان الى شعاعين من اشعة جاما .

لحساب أقل طاقة لفوتون جاما يمكن أن ينتج زوج من الكترون وبوزيترون فانه يساوى $2\ m_o c^2$ ويمكن حسابه من معادلة تكافؤ الكتلة والطاقة $E = m_o\ c^2$

حيث E هى الطاقة المصاحبة لتحويل كتلة من المادة

c هى سرعة الضوء

وكتلة كل من الالكترون والبوزيترون

$$m_o = 9.1 \times 10^{-31}\ kg$$

فان كتلة زوج من الالكترون والبوزيترون

$$2m_o = 2 \times 9.1 \times 10^{-31}\ kg$$

وهذه تكافىء قدر من الطاقة E بحوالى

$$E = 2 \times 9.1 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2$$

$$= 1.6 \times 10^{-13}\ \text{Joule}$$

أى أن الطاقة المكافئة لكتلة الجسميين $2m_o\ c^2$ هى $1.02 \times 10^6\ eV = 1.02\ MeV$ وهذا يعنى أن فوتون جاما ذى الطاقة $1.02\ MeV$ على الأقل يمكن أن يتحول

الى زوج من الكترون وبوزيترون وعند ما تكون طاقة الفوتون أعلى من ذلك فان الجسيمين يتقاسمان الفائض من الطاقة وتظهر على هيئة طاقة حركة .

مما سبق يتضح أن هناك ثلاث تفاعلات هامة لأشعة جاما مع المواد أو مع مادة الكاشف الوميضى وهذه التفاعلات هى الامتصاص الكهروضوئى وتشتت كومتون والانتاج الزوجى . فى حالة الامتصاص الكهروضوئى تظهر طاقة أشعة جاما كطاقة حركة فقط للالكترون الكهروضوئى تاركة أشعة سينية تهرب من نواة بلورة الكاشف . فى حالة الانتاج الزوجى يتولد زوج من الالكترون والبوزيترون ويلزم لهذا التولد طاقة قدرها 1.02 MeV وتظهر طاقة أشعة جاما الزائدة كطاقة حركة يتقاسمها كل من الالكترون والبوزيترون . وعند ما تتوقف حركة كل من الالكترون والبوزيترون يفنى البوزيترون باتحاده مع اقرب الكترون حر وينتج عن هذا الاتحاد تولد شعاع جاما بطاقة 511 KeV ويهرب من بلورة الكاشف . اما تشتت كومتون فانها عملية تحويل لجزء من طاقة شعاع جاما الساقطة الى الكترون أما الجزء الباقى فيتشتت كطاقة فوتونية وقد يحدث أن تكون طاقة الاشعاع المتشتت اكبر من طاقة الاشعاع الساقط . فى بعض الحالات يهرب الشعاع المتشتت خارج البلورة أو يمكن أن يحدث له امتصاص آخر وتفاعل آخر داخل مادة البلورة .

يزيد التأثير الكهروضوئى والانتاج الزوجى زيادة كبيرة بالنسبة لتأثير كومتون بزيادة الرقم الذرى (Z) لذرات مادة البلورة ولكن

لبلورة تحتوى على عدد كبير من (Z) فان التأثير الكهروضوئى يظهر بوضوح كما يظهر أيضا تأثير كومتون والانتاج الزوجى . يبين شكل (٨) مثال لطيف أشعة جاما نتيجة تفاعل فوتونات اشعاع جاما مع مادة الكاشف النووى وهى بلورة من مادة يوديد الصوديوم المنشطة بمادة الثاليوم وفيه تظهر بوضوح الانواع المختلفة من التفاعلات التى تم ذكرها من قبل .

امتصاص أشعة جاما

اذا مر شعاع متجانس من أشعة جاما خلال شريحة معدنية رقيقة فانه يعانى من تناقص فى شدته I خلال نفاذه فى المادة وهذا يرجع الى امتصاص لطاقته بواسطة المادة المار بها . يتناسب التغيير فى شدة الشعاع خلال مروره مع سمك المادة وشدة الشعاع الأول الساقط حسب المعادلة

$$\Delta I = - \mu I \Delta X$$

حيث μ هو ثابت التناسب ويسمى معامل الامتصاص كما أسلفنا .

(انظر شكل ٩) .

فاذا كانت فوتونات شعاع جاما جميعها لها نفس الطاقة فان لاتعتمد على X وبتكامل المعادلة السابقة ينتج

$$\frac{I}{I_o} = e^{-\mu X}$$

المعادرة الأخيرة تعطى شدة الشعاع (I) بعد مرور الشعاع الأصلى (I_o) خلال مادة معينة سمكها X .

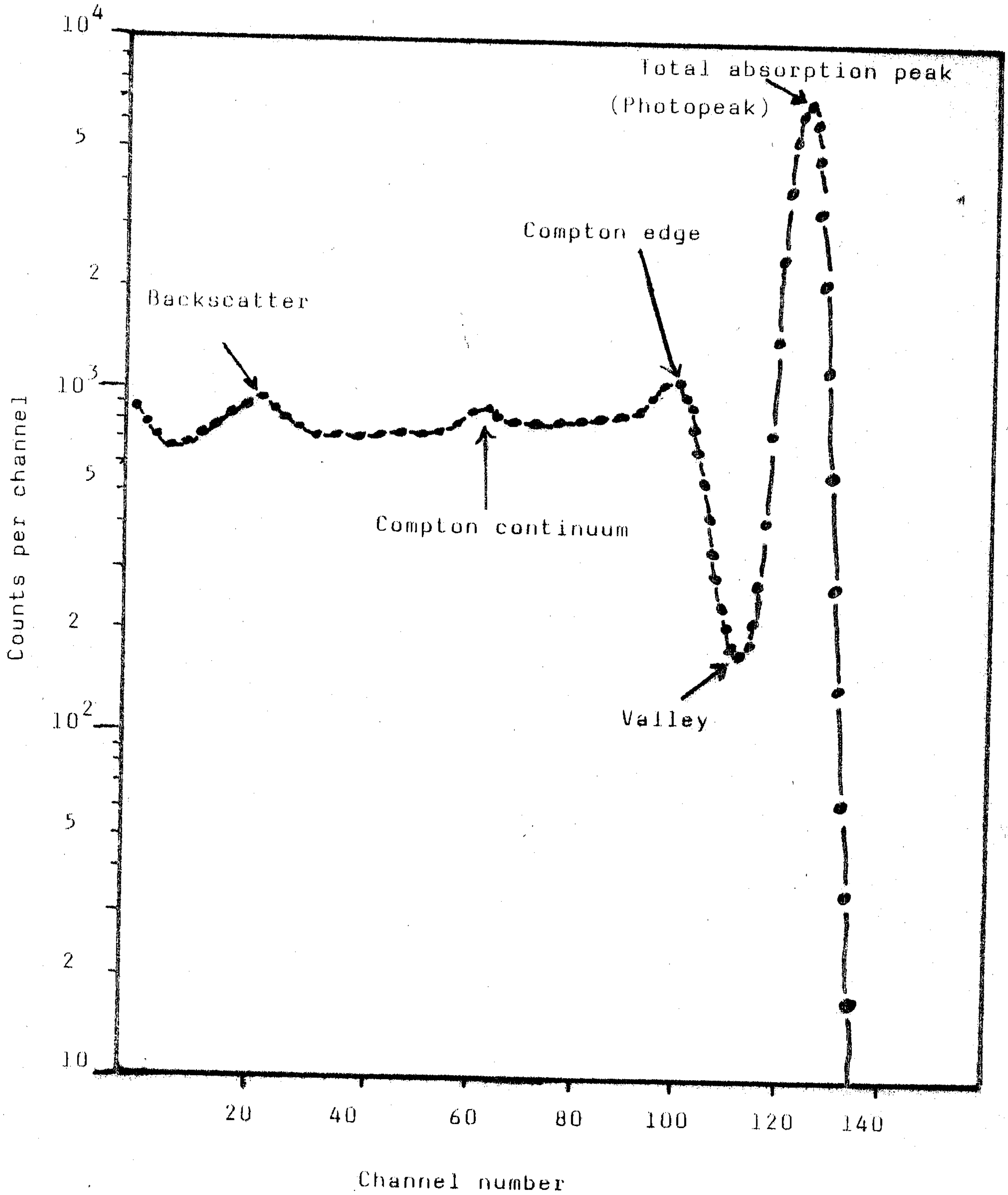


Figure (8) Major features of typical gamma-ray spectrum

يمكن كتابة شدة الشعاع بالمعادلة

$$I = B\,h\nu$$

حيث B عدد الفوتونات التى تمر فى وحدة المساحات لوحدة الزمن

$h\nu$ الطاقة لكل فوتون

تسمى B عادة بالتدفق أو الفيض Flux ووحداتها Photon/cm^2/sec. كما تعرف I هنا بأنه طاقة التدفق المقابلة . وعلى ذلك يمكن كتابة معادلة الشدة على الوجه التالى

$$\frac{B}{B_o} = e^{-\mu X}$$

ومن الضرورى أن تعرف بدقة الشروط الواجب توافرها لكل هذه المعادلات ويمكن تلخيصها كالآتى :

١) أن تكون أشعة جاما أحادية الطاقة وأن يكون الشعاع متجانسا .

٢) أن يكون الشعاع موجها وذو زاوية صغيرة مجسمة .

٣) أن تكون المادة الماصة (التى يمر فيها الشعاع) رقيقة .

حيث أن اشعاع جاما يتفاعل مع المواد بثلاث طرق مختلفة تعتمد على طاقته لذا فانه يمكن القول بأن معامل الامتصاص مكون من ثلاث رئيسية تعتمد على نوع التفاعل وهى μ_{pair} ، μ_{comp} ، μ_{photon} ، وهى جميعها تعطى بالمعادلة

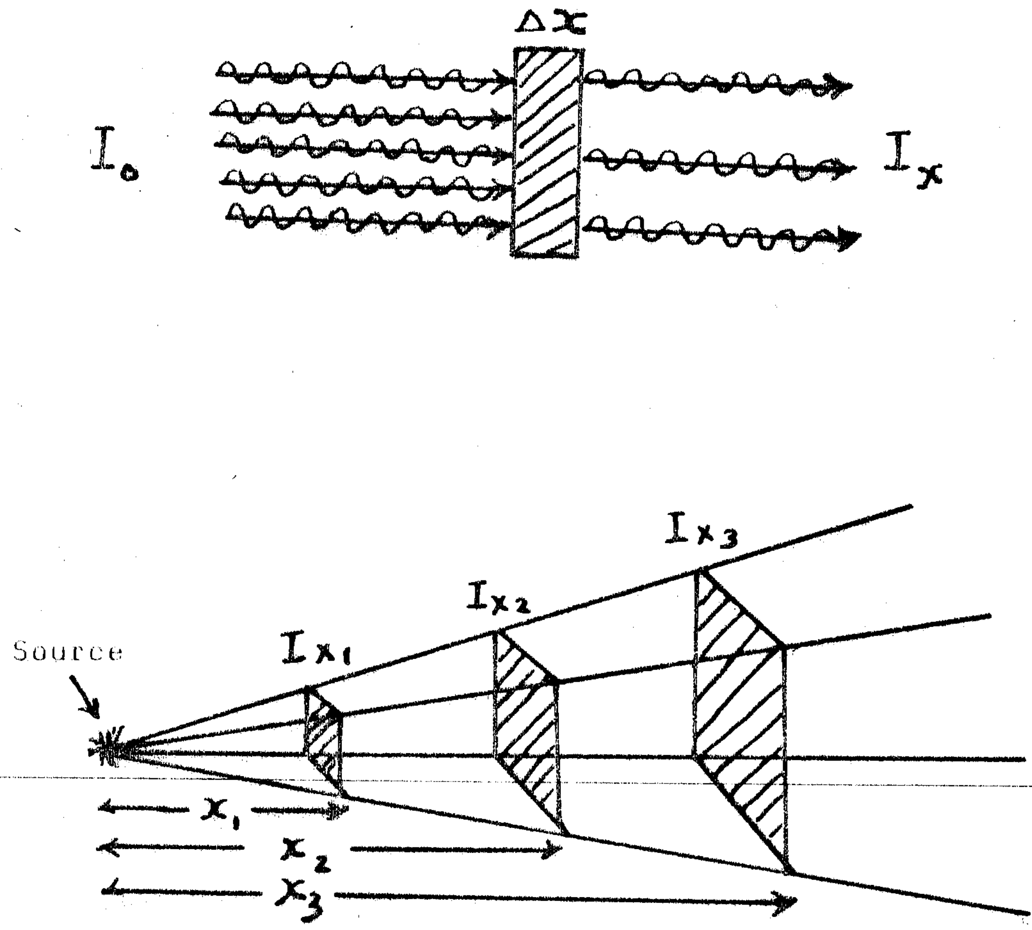
$$\mu = \mu_{photon} + \mu_{comp} + \mu_{pair}$$

حيث μ هو معامل الامتصاص الكلى السابق الاشارة اليه .

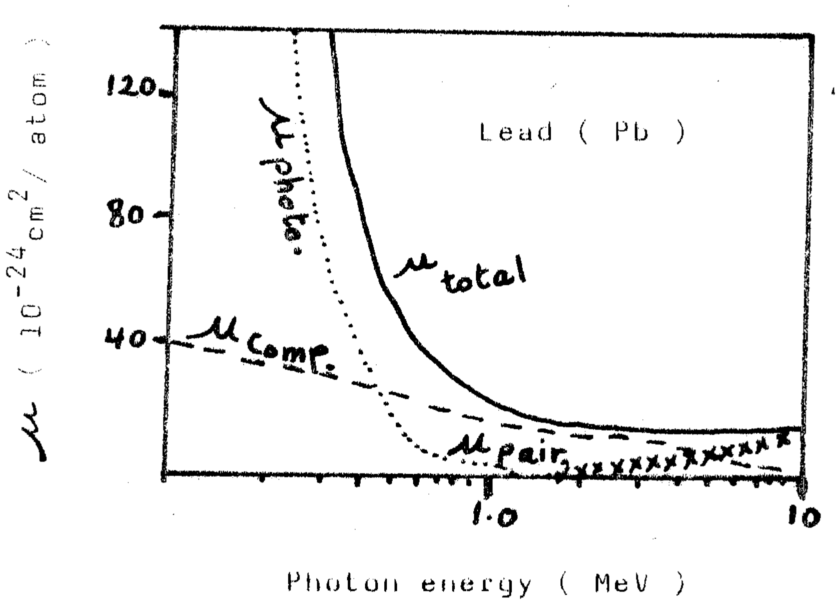
وفى هذه الحالة يمكن كتابة معادلة الشدة على الصورة

$$\Delta B = -(\mu_{photo} + \mu_{comp} + \mu_{pair})\, B\, \Delta X$$

يبين شكل (١٠) معاملات الامتصاص الثلاثة لأشعة جاما فى مادة الرصاص وكذلك معامل الامتصاص الكلى . ومن هذا الشكل يتضح أنه عند الطاقات المنخفضة للفوتون فان الامتصاص الكهروضوئى يكون هو السائد بينما يحدث امتصاص كلى نتيجة الانتاج الزوجى عند الطاقات العالية . وعند الطاقات المتوسطة هناك حد أدنى للطاقة عندها يسود تأثير كومتون . تكمن أهمية دراسة معاملات الامتصاص المختلفة فى دراسة الاعداد الذرية للعناصر . فعندما يكون العدد الذرى (Z) صغيرا فان الامتصاص يكون ناتج عن تأثير كومتون فى مدى الطاقة من 03 MeV to 3 MeV ولكن للعناصر التىعددها الذرى (Z) كبيرا فان الامتصاص للثلاثة انواع من التفاعلات يكون متساويا فى مدى الطاقة 3 MeV to 5 MeV .



شكل (٩) إمتصاص ومسار أشعة جاما



شكل (١٠) إمتصاص جاما في الرصاص

استخدام الكاشف البلورى لقياس أشعة جاما :

من أهم المواد المستخدمة لقياس أشعة جاما هو بلورات يوديد الصوديوم المنشط بمادة الثاليوم (Na I (Tℓ وتضع هذه البلورة بقطع جزء ذو أبعاد محددة من بلورة كبيرة ويتم معالجة اسطحها معالجة خاصة ثم تغطيها بمادة اكسيد المغنسيوم MgO وشرائح الألمنيوم ذات سمك حوالى $6\text{-}8\ mg/cm^2$ ماعدا سطح واحد وهو السطح الملاصق للمضاعف الضوئى .. يعمل اكسيد المغنسيوم وشرائح الألمنيوم على منع تسرب الرطوبة والضوء الى البلورة كذلك يعملان كسطح عاكس للفوتونات الضوئية المتولدة نتيجة تفاعل اشعاع جاما مع مادة البلورة . تختلف اشكال وأحجام البلورات باختلاف طاقة أشعة جاما المراد قياسها وكذلك الغرض من القياس ومن أهم اشكال البلورات الشكل الاسطوانى ذو السطح المفلطح Cylindrical flat surface والشكل الاسطوانى ذو البئر Cylindrical well type ويستخدم الشكل الأخير لقياس اشعاع جاما اذا كانت المادة المشعة مذابة فى سائل موضوعفى انبوبة داخل بئر البلورة وتتميز بكفاءتها العالية حيث يتم القياس فى زاوية حوالى 4π وتستخدم فى قياسات الاشعاعات المنخفضة والطب النووى وغيرها من العلوم.

الجزء
العملى والنتائج

التجارب العملية :

أولا : الجهاز المستخدم :

لدراسة طيف أشعة جاما تم تجميع واختبار الجهاز الموضح فى شكل (١١) وهو يتكون من الأجزاء الآتية .

١ - توضع المادة المشعة المراد فحص طيفها الجامى داخل مكعب من الرصاص به ثقب يسمح بنفاذ شعاع ضيق من أشعة جاما ليواجه أنبوبة المضاعف الضوئى والهدف من وضع المادة المشعة داخل المكعب الرصاصى هو الوقاية من أشعة جاما لمستخدمى الجهاز حيث لا يسمح الرصاص بنفاذ معظم أشعة جاما ومن ناحية أخرى اقلال تشتت الأشعة من حول الكاشف وقصر المسار فقط على الجزء المواجه للبلورة والمضاعف الضوئى .

٢ - تقع على مسافة حوالى ٥٠سم من المصدر المشع الكاشف البلورى وهو عبارة عن بلورة يوديد الصوديوم المنشطة بالثاليوم $NaI(Tl)$ اسطوانية الشكل ومستوية السطح أبعادها $\frac{3}{4}'' \times \frac{3}{4}''$ وهذه البلورة ملتصقة بالمضاعف الضوئى Photomultiplier (P.M.) وبقاعدة له base متصل بمكبر أولى لجهد النبضات الالكترونية Pre-amplifier . تحاط البلورة والمضاعف الضوئى بشرائح سميكة من الرصاص الواقى ماعدا مقدمة البلورة المواجه للمادة المشعة والهدف من هذا الدرع الواقى اقلال الاشعة الخلفية Background مما يساعد على زيادة كفاءة العداد .

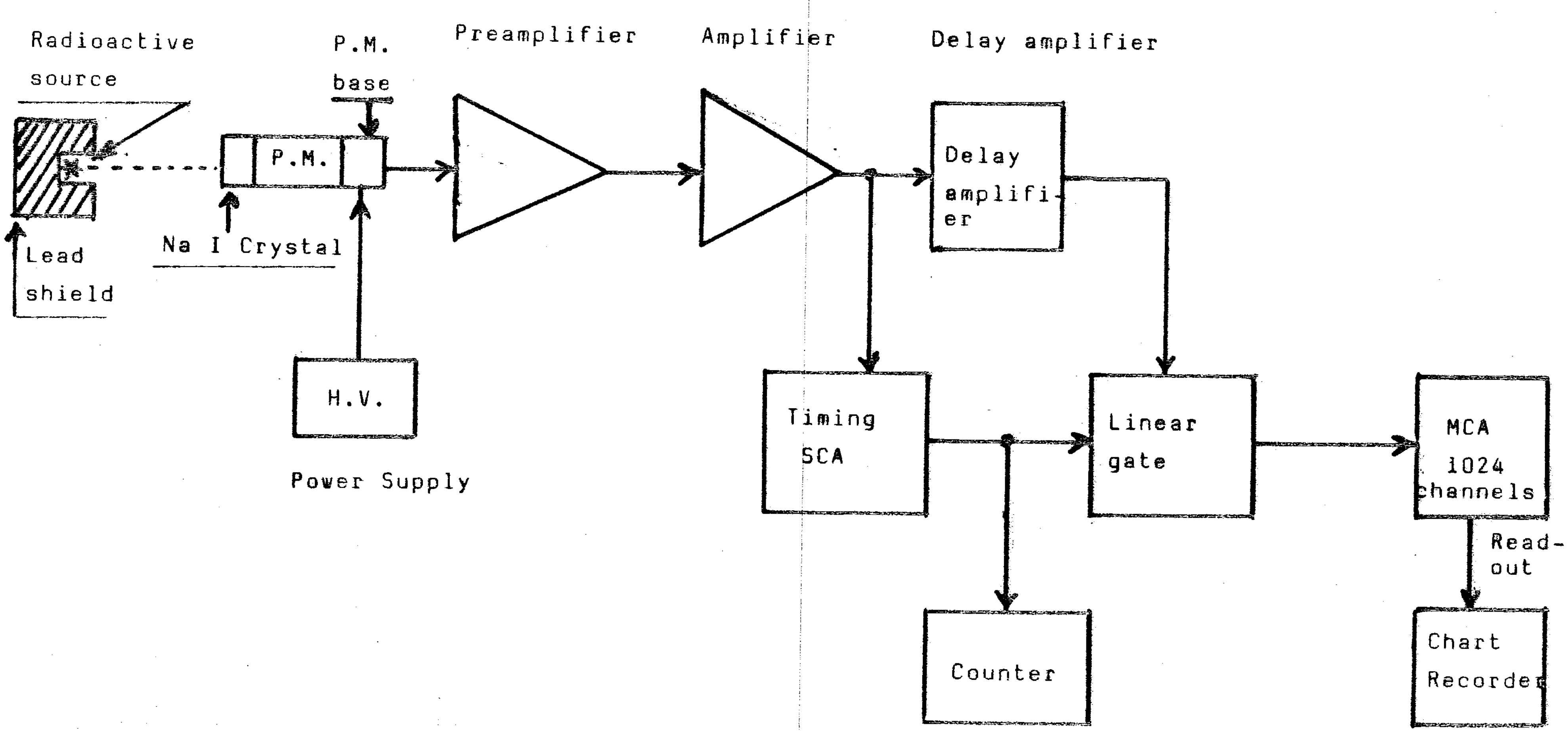


Figure (11) Schematic block diagram for the used electronic circuit.

٣- مصدر جهد عالى H.V. Power Supply يزود المضاعف الضوئى بالجهد العالى اللازم لتشغيله .

٤- عند خروج النبضة الالكترونية من المكبر الأول توصل الى المكبر العادى amplifier ليتم تكبيرها مرة أخرى لتكون قيمتها مناسبة للقياس فى بقية الدائرة الالكترونية حيث يكون الجهد النهائى للنبضة فى حدود 7 - 10 volt .

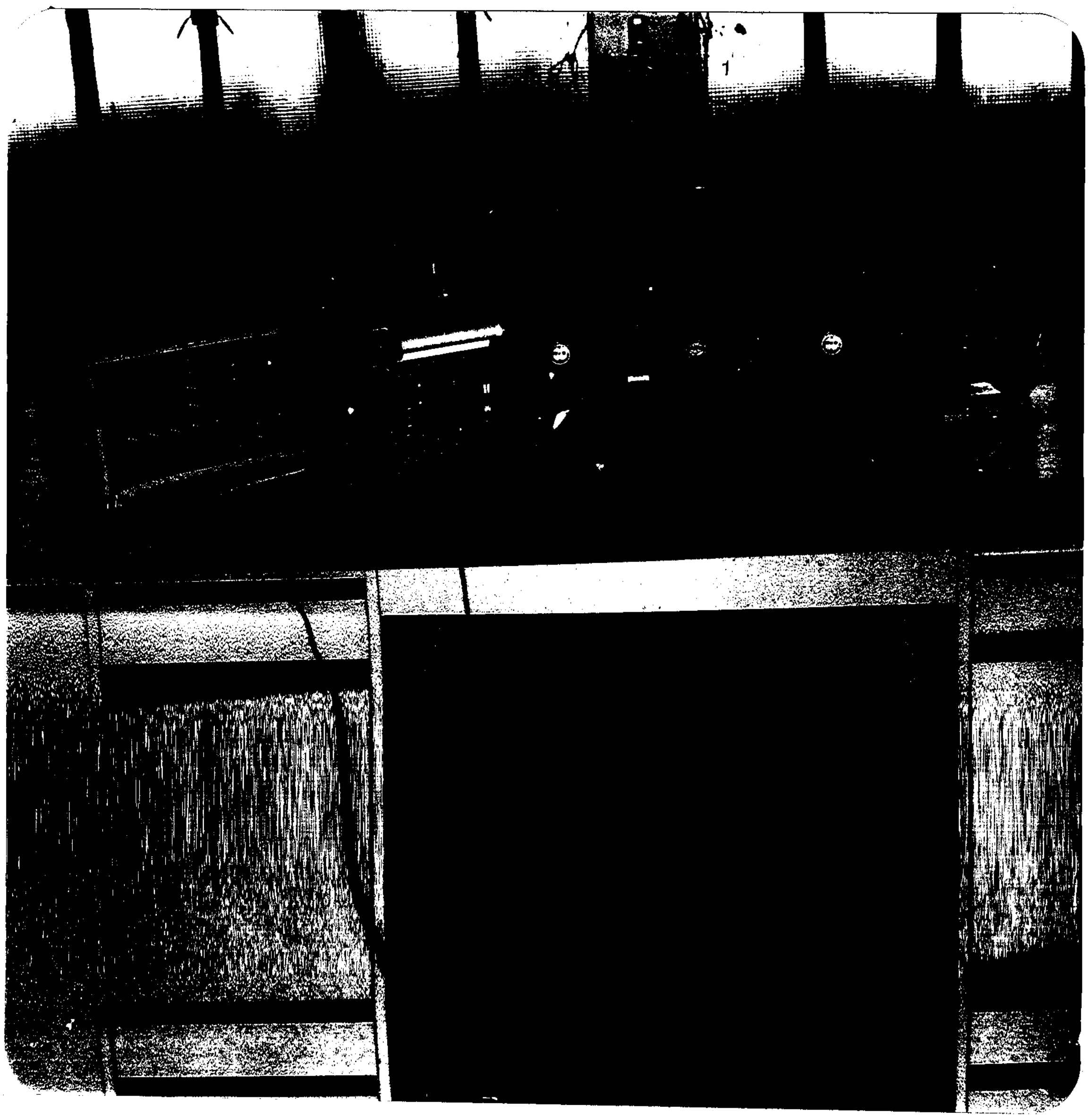
٥- يتم تزويد النبضة الى مكبر متأخر (مكبر ترجيع) delay amplifier والى محلل طيف أشعة جاما وحيد القناة ذو تزامن معين Timing single channel analyzer والذى يتصل بدوره بعداد الكترونى لقياس النبضات الالكترونية counter .

عند خروج النبضة من مكبر الجهد amplifier يقوم محلل طيف أشعة جاما وحيد القناة بعمل الاسبكترومتر بتحليل النبضات حسب ارتفاعها (Pulse height) وهو لهذا مزود بمفرقين discriminators أحدهما لقياس الحد الأدنى للنبضة lower level والأخير اتساع النبضة window ويعمل المفرق الأخير على تحديد الحد الأعلى للنبضة upper limit فى حالة ما اذا كانت الوحدة تعمل بالطريقة التفاضلية differential mode . يتم اختيار ارتفاع النبضة باختيار مفرق الحد الأدنى ومفرق اتساع النبضة ويصل الى العداد counter النبضات التى تم اختيارها تحت هذه الظروف فقط . يمكن بواسطة عمل مسح أو تحليل analysis لارتفاع النبضات الخارجة من مكبر الجهد بواسطة محلل طيف

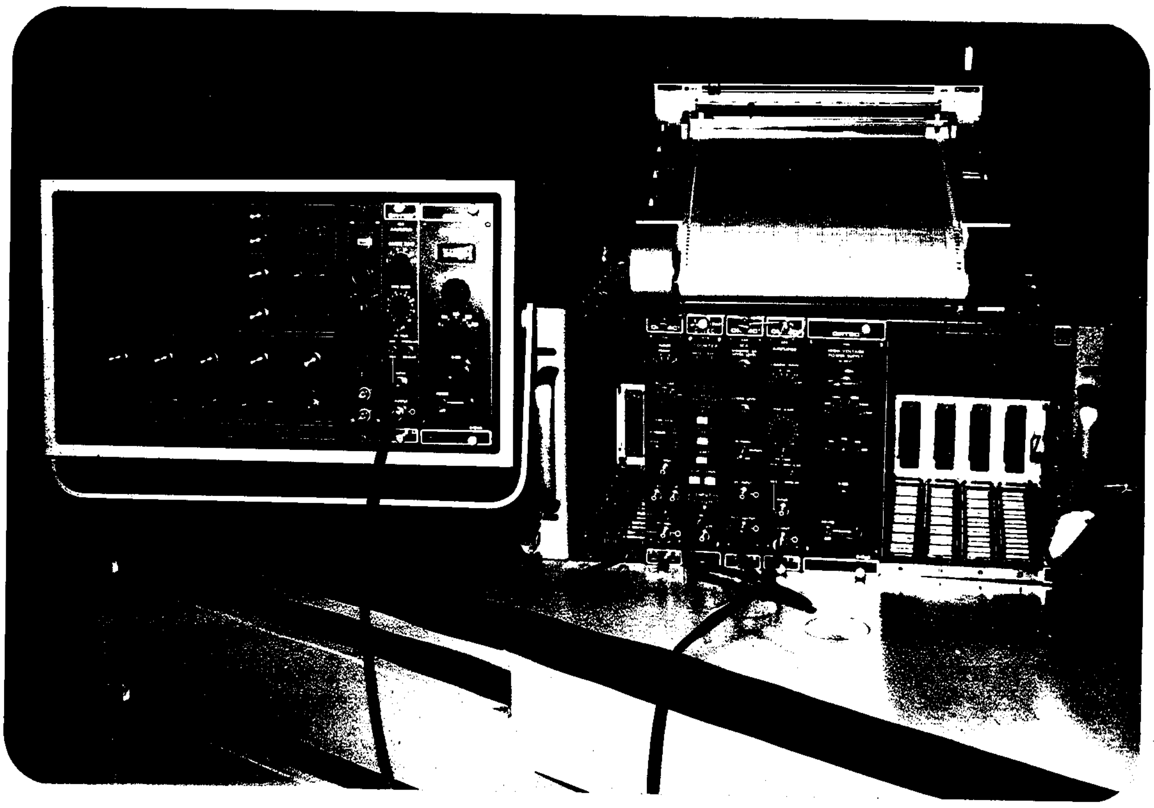
أشعة جاما وحيد القناة والتي تتناسب بدورها مع طاقة اشعاع جاما المطلوب دراسته . وبهذا يمكن ايجاد علاقة بين ارتفاع النبضات (والتي هي دالة لطاقة أشعة جاما) مع عدد النبضات ويمكن رسم طيف اشعاع جاما بدلالة الطاقة (أو ارتفاع النبضات) وعدد النبضات .

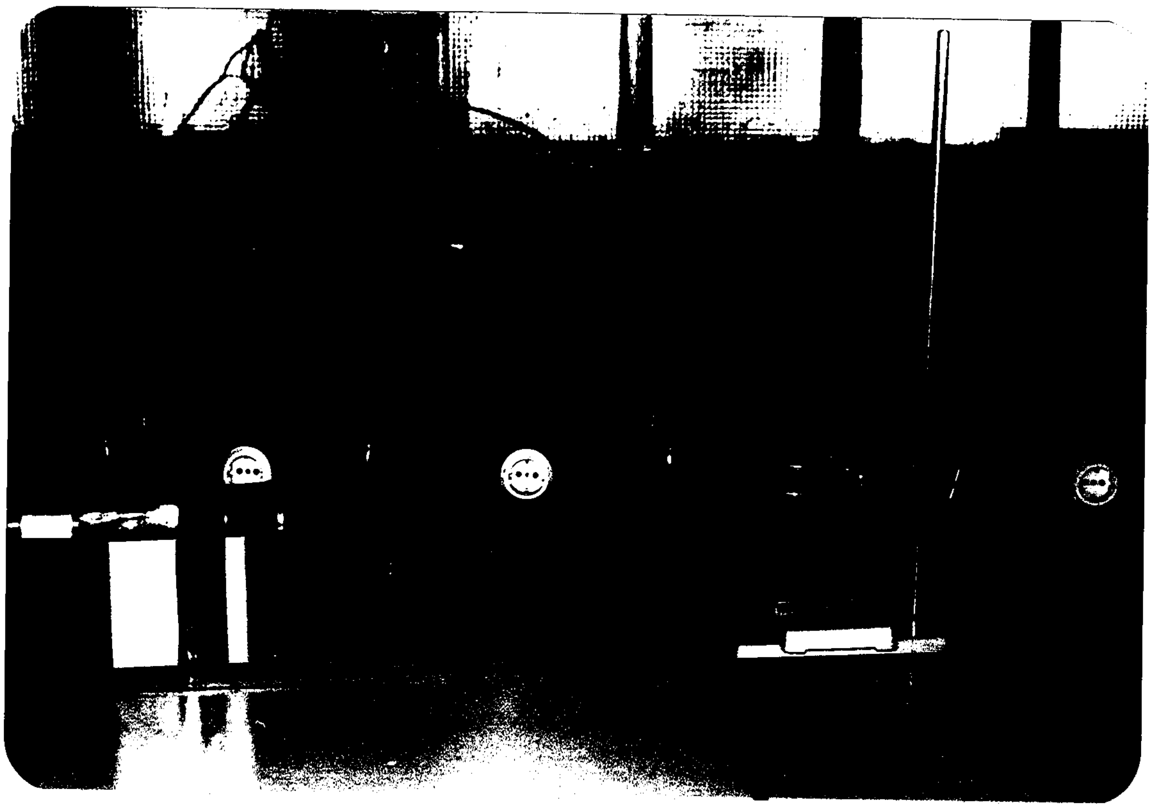
٦- بالاضافة الى ماسبق يمكن ايضا الحصول على طيف أشعة جاما بأخذ النبضة الكهربية من المكبر المتأخر الى دائرة بوابة خطية linear gate ثم الى محلل طيف أشعة جاما عديد القنوات (MCA) Multi-channel analyzer والذى يحتوى على ١٠٢٤ قناة (1024 channels) وهذا الجهاز يعمل عمل ١٠٢٤ وحدة من وحدات محلل طيف أشعة جاما وحيد القناة (SCA) المذكور سابقا حيث يتم ضبط قنوات الـ MCA بحيث يقع مدى كل طاقة من طاقات اشعة جاما في احدى القنوات وبهذه الطريقة توزع طاقات اشعة جاما على عدد القنوات الموجود وتظهر كثافة الاشعاع (أو عدد النبضات لوحدة الزمن) المناظرة لكل قناة (المناظرة لكل طاقة) على شاشة أوسيلسكوب Oscilloscope متصل بالجهاز وباختيار الظروف المناسبة يمكن الحصول على طيف كامل لاشعاع جاما على شاشة الأوسيلسكوب .

٧- يتصل جهاز محلل طيف اشعة جاما عديد القنوات (MCA) براسم ورقى Chart recorder يقوم بأخذ بيانات الطيف بعد تخزينه على الـ (MCA) وظهوره على شاشة الأسيلسكوب ويتم رسمها على الراسم الورقى ليسهل تحليلها ودراستها .



(صور توضح وحدات الجهاز المستخدم)





(صورة توضح المصدر المشع والكاشف النووي)

تبين مجموعة الصور المرفقة صور للأجهزة المستخدمة والتى تم شرحها وليبانها بالشكل رقم (١١) .

ثانيا : اختيار أنسب جهد لتشغيل العداد الوميضي:

تهدف هذه التجربة الى :

١- أن نتفهم عملية تشغيل العدادات الوميضية ودراسة خواصها .

٢- أن نحدد أنسب جهد لتشغيل العداد .

النظريـــة :

حينما تتفاعل الاشعاعات مع بعض المواد والتى تسمى فلوريـــة (وفى احيان اخرى تسمى فسفورية) فان ومضة صغيرة من الضـــوء المرئى (ومضة) تنتج نتيجة هذا التفاعل .

وهذه العملية هى أساس تشغيل العدادات الوميضية وتختلـــف المواد الفلوربة بالنسبة لـ ألفا (α) ، بيتا (β) ، جاما (γ) .

المواد الفلوريـــة :

تتركب المادة الفلورية من بعض المواد الكيماويةتبعا لما يـــراد تشغيلها كعداد لأشعة الفا (α) أو بيتا (β) أو جاما (γ) .

أ - فلوريات ألفا (α) : كبريتات الزنك هى أنسب مادة فلورية لهذا النوع من الاشعاعات .

ب - فلوريات بيتا (β) : هى الانثراسين وهى عبارة عن بلـــورات كبيرة وقد استعيض عنها حديثا بالمواد البلاستيكية حيث انها اكثر سهولة من حيث التصنيع .

جـ - فلوريات جاما (γ) : تتكون من يوديد الصوديوم المنشط بمادة الثاليوم (Tl) .

وتنتقل هذه الومضة المضيئة الى مايسمى بالمضاعف الضوئي (Photomultiplier) ويتكون المضاعف الضوئي من خلية ضوئية والتي تلتصق بالمادة الفلورية بواسطة نقطة زيتية (لها خواص ضوئية مناسبة) لسهولة انتقال الومضة من المادة الفلورية الى الخلية الضوئية دون أن تتشتت أو تضيع بعيدا عنها . وحينما تطلق الوميضة الضوئية الكترونا أو عدة الكترونات فانها تتضاعف ملايين المرات بواسطة تصادمات مع عدة الكترودات تسمى (dynodes) تتعرض لفرق جهد مختلف القيمة يتسبب في تعجيل الالكترونات داخل المضاعف الضوئي حيث تتحول في النهاية وبعد التكبير الى خارج المضاعف الضوئي الى مكبر ابتدائي ثم الى المكبر وبعد ذلك الى العداد .

هذا ويستخدم للمضاعف الضوئي مصدر مغذى عالي الجهد وهو ضروري لعمل المضاعف الضوئي ومعظم المضاعفات الضوئية تحتاج الى مابين ٥٠٠ الى ١٢٠٠ فولت .

هذا ويتناسب مدى تضاعف عدد الالكترونات مع الجهد الموضوع على الالكترودات وتسمى البلورة والمضاعف الضوئي بالعداد الوميضي Scintillation counter ويجب أن يحدد لكل عداد وميضي أنسب جهد لتشغيل العداد ولا تختلف فكرة تحديد أنسب جهد للعداد الوميضي عن فكرة عداد جيجر وهي المنطقة التي لا يتغير فيها عدد النبضات بتغير الجهد ولكن يعتمد فقط على شدة المصدر المشع .

المطلــوب :

تعيين منطقة الـ Compton edge للعداد الوميضى واختيار أنسب جهد . أى تحديد جهد تشغيل العداد operating voltage وذلك عن طريق رسم المنحنى بين الجهد الموضوع على العداد وعدد النبضات الخارجة منه .

الأجهزة المستعملة :

(١) عداد وميضى (٢) مصدر مشع

(٣) عداد استقبال النبضات (٤) موقت Timer

(٥) مصدر جهد عالى (٦) مكبر أولى (٧) مكبر رئيسى

خطوات التجربة :

١- نضع المصدر المشع (السيزيوم Cs^{137}) على مسافة حوالى ٢٠ سم من العداد الوميضى .

٢- نبدأ بأقل جهد ممكن ونسجل عدد النبضات على scaler فى زمن معين وليكن كل دقيقة .

٣- نثبت الزمن المذكور فى خطوة (٢) طوال التجربة ونغير الجهد الموضوع على العداد مع أخذ قراءات الـ scaler فى كل مرة .

٤- نرسم العلاقة بين عدد النبضات وبين الجهد .

٥- من شكل المنحنى نحدد الجهد المناسب لتشغيل العداد الوميضى فى القياسات المختلفة .

٦- المناقشة والاستنتاج .

نتائج التجربـة :

Time (زمن القياس) = 1 minute
Discriminator (المفرق) = 1 volt
Single channel analyzer (SCA) محلل الطيف وحيد القناة :
Lower (الحد الأدنى) = 100
Upper (الحد الأعلى) = 10000
Mode (الصفة) = Integral (تكامل)
Amplifier (المكبر الكهربى) :
Coarse (الحد الأكبر) = 20
Fein (الحد الأصغر) = 50
Shapper (شكل النبضة) = 0.5

جدول يوضح تغـيير عدد النبضات مع زيادة الجهد

H.V. (volts m الجهد العالي	Counts per minute (N) عدد النبضات في الدقيقـــة
850	19246
900	26947
950	34553
1000	50635
1050	78192
1100	102368
1150	121408
1200	138307
1250	158073
1300	181099
1350	208548
1400	216290
1450	220389
1500	234933
1550	239687
1600	249873
1650	279128
1700	344524
1750	393287

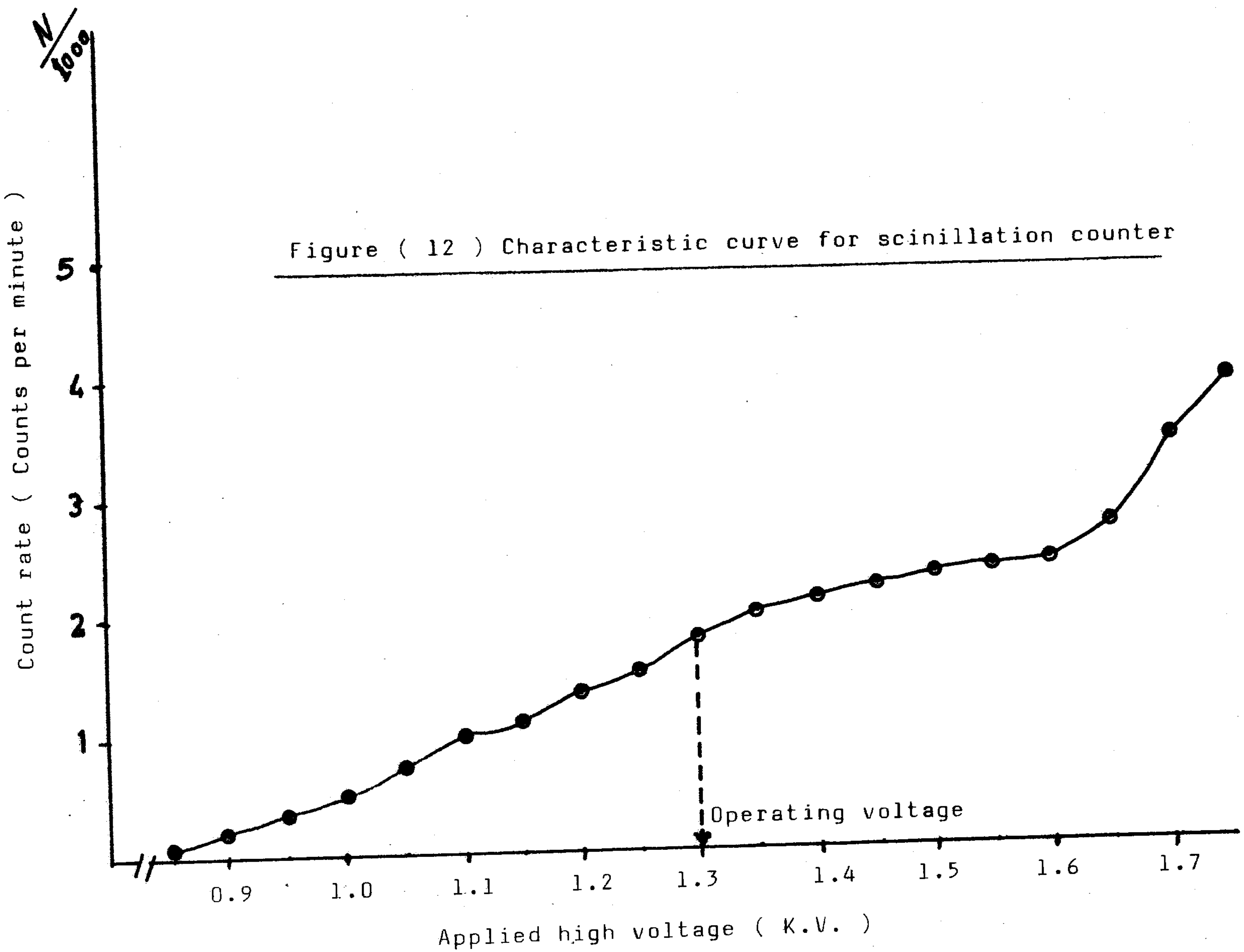


Figure (12) Characteristic curve for scinillation counter

النتائج والمناقشة :

يوضح شكل (٢) العلاقة بين فرق الجهد العالى المستخدم وعدد العدات فى الدقيقة الواحدة ، ومنه نستنتج أن :

أ- العداد لا يعطى أى نبضات حتى جهد ٨٥٠ فولت وبعدها يبدأ العداد فى اعطاء قراءات .

ب - فى المنطقة من ٨٥٠ فولت الى حوالى ١٦٠٠ فولت يزداد عدد النبضات بزيادة الجهد الكهربى زيادة مضطردة .

حـ - بعد ١٦٠٠ فولت يزداد عدد النبضات زيادة كبيرة بزيادة الجهد الكهربى .

د - يمكن اختيار أنسب جهد للتشغيل فى المنطقة الواقعة بين ٨٥٠ فولت، ١٦٠٠ فولت وهو حوالى ١٣٠٠ فولت وهذه المنطقة تسمى Compton edge وهو أنسب جهد لتشغيل الجهاز .

ثالثا : تعيين معامل الامتصاص لأشعة جاما في مادة الرصاص باستخدام العداد الوميضي :

النظرية :

عندما تخترق اشعاعات جاما أحد المواد فانها تفقد جزءاً من طاقتها في خلال عملية التصادمات مع ذرات هذه المواد فيما يعرف بظاهرة تأين أو استثارة هذه الذرات . وبما أن اشعاعات (γ) اشعاعات كهرومغناطيسية لا وزن لها ولا شحنة فان لها قدرة كبيرة على اختراق المواد على العكس من الجسيمات المشحونة . وحينما تكون طاقة اشعاعات γ أقل من 1.0 Mev فانها تفقد طاقتها نتيجة الظاهرة الكهروضوئية المعروفة أو نتيجة تأثير كومتون Compton effect ومع ذلك فان قوة التأين لاشعاعات γ أقل بكثير من الجسيمات المشحونة .

واذا افترضنا أن شعاعا من اشعاعات γ تبلغ شدته I سقط على مادة ما فان هناك سمكا معينا وليكن X cm تقل عنده شدة الاشعاع الى $\frac{1}{2} I_0$. ولنتصور الآن شعاعا شدته $\frac{1}{2} I_0$ سقط على نفس المادة . فان هذه الشدة ستقل بمقدار النصف ايضا بعد تضاعف السمك ، وهكذا .

واذا رسمنا هذه العلاقة بيانيا فسوف نحصل على منحنى لوغاريتمي يتمثل بالعلاقة

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

حيث I هي شدة اشعاعات γ الأصلية

I_0 هي شدة اشعاعات γ على مسافة x

μ هي معامل امتصاص المادة المستخدمة في التجربة لأشعة γ

ويمكننا أن نعرف هذه المعامل بأنه الشعاع الذى يمتص أو يفقد داخل المادة بالنسبة لوحدة المسافات .

وبما أن عدد النبضات N يتناسب طرديا مع شدة اشعاعات γ الساقطة ، اذا يمكننا التعبير عن نفس المعادلة السابقة كالآتى :

$$N = e^{-ux} N_o$$

$$\ln N = -Ux + \ln N_o$$

وهذه معادلة خط مستقيم على صورة

$$Y = mx + C$$

فاذا رسمنا العلاقة بين $\ln N$, x فاننا نحصل على خط مستقيم ميله (u-) وبذلك نحصل على معامل الامتصاص المطلوب للمادة موضوع التجربة

خطوات التجربة :

١- وصل الدائرة كما هو مبين بشكل (١١) .

٢- ثبت الجهد عند أنسب جهد للتشغيل ويساوى ١٣٠٠ فولت.

٣- خذ ثلاث قراءات بدون مادة مشعة ثم احسب متوسطها وليكن يساوى $R_{B.G.}$

٤- خذ ثلاث قراءات باستعمال مصدر لأشعة جاما وبدون شرائح الامتصاص (شرائح الرصاص) وخذ متوسطها وليكن I_o

٥- ضع لوحا معدنيا من الرصاص معلوم السمك (X) بين المصدر والكاشف النووية ثم خذ ثلاث قراءات ثم احسب متوسطها ولتكن I_x

٦- غير سمك شرائح الرصاص وسجل ثلاث قراءات لكل سمك واحسب متوسط القراءات لكل سمك .

٧- صحح عدد النبضات بطرح الخلفية الاشعاعية $R_{B.G.}$ من قراءة I_o ومن كل قراءة من قراءات I_x

٨- دون نتائجك فى جدول .

٩- ارسم العلاقة بين X , I $\ln$

١٠- ناقش النتائج واحسب معامل امتصاص اشعة جاما فى الرصاص .

النتائـــج :

(١) القراءات بدون مادة مشعة :

N_1	N_2	N_3	المتوسط $R_{B.G.}$
7022	7074	7148	7081

(٢) القراءات بمادة مشعة (I_0) :

N_1	N_2	N_3	المتوسط I_0
78912	78481	78979	78791

(3) $\therefore I_0 = R - R_{B.G.}$

$= 78791 - 7081$

$= 71709$

$= 71710$ Counts/min.

$\ln I_0 = 11.18$

(٤) القراءات بمادة مشع وشرائح الرصاص:

الزمن = كل دقيقة واحدة

سمك الشرائح مختلف

X	I_1	I_2	I_3	I^-	$I=I'-R_{B.G.}$	ln I
1.67	10827	10808	10763	10799.33	3718	8.22
2.67	10474	10243	10381	10366	3284.66	8.10
3.99	9948	10126	9992	10022	2940.67	7.99
5.3	9636	9528	9722	9628.67	2547.34	7.84
6.55	9193	9187	9395	9258.33	2177	7.69
8.48	9093	8894	9266	9084.33	2003	7.60
9.86	8730	8851	8707	8762.67	1681.34	7.43
10.99	8238	8505	8535	8426	1344.67	7.20
12.25	8355	8126	8209	8230	1148.67	7.05
13.46	8277	7956	7929	8054	972.67	6.88

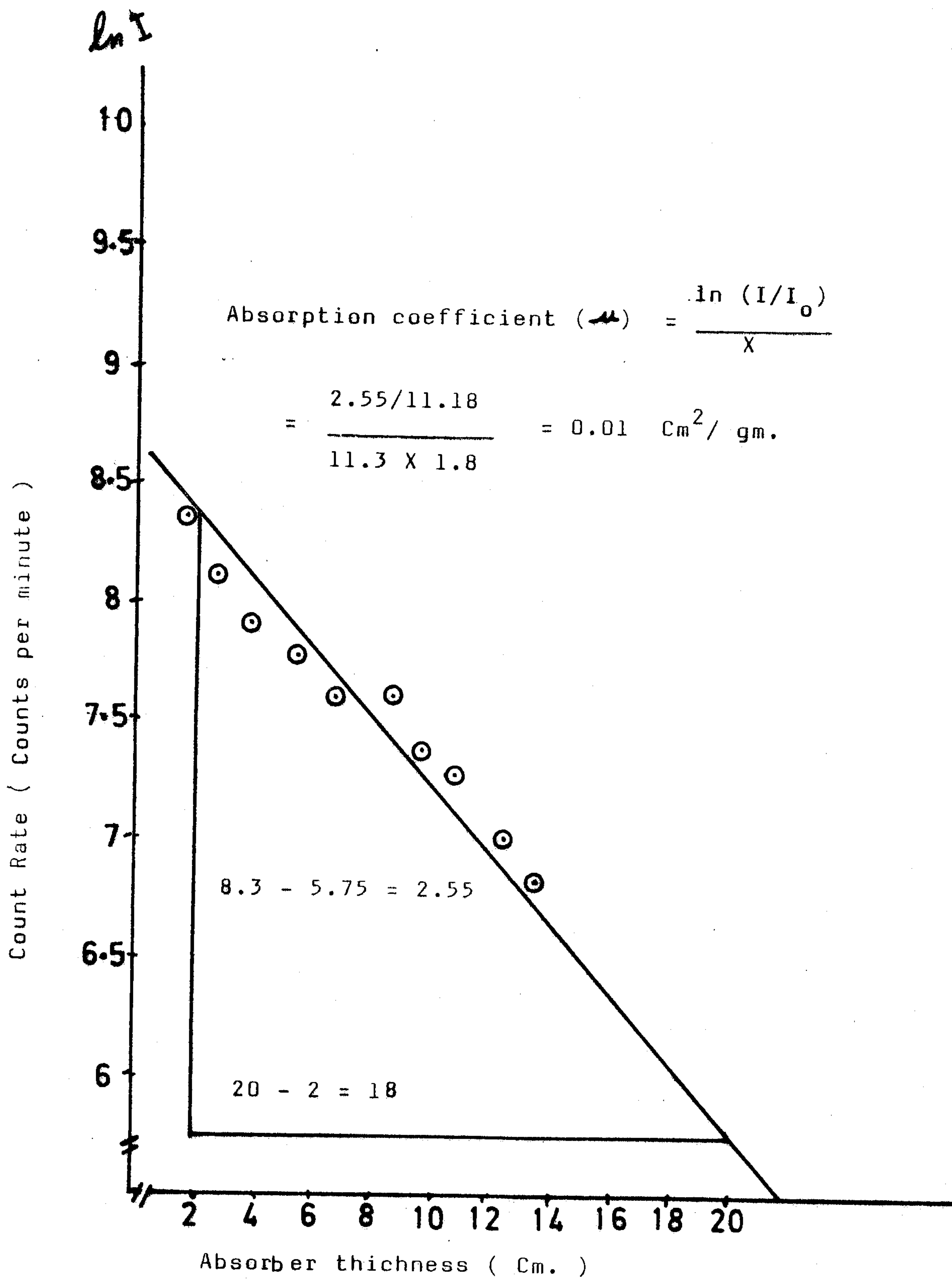


Figure (13) Absorption curve of gamma rays in lead

النتائج والمناقشة :

يبين شكل (١٣) العلاقة بين سمك شريحة الرصاص (X) ، ووحداتها (m.m) والقيمة $\ln I$ ومنه نلاحظ أن هذه العلاقة خطية ذات ميل سالب أى أنه كلما زاد سمك شرائح الرصاص تناقص عدد النبضات .

ولتعيين معامل امتصاص اشعة جاما فى الرصاص (μ/ρ) نأخذ ميل الخط المستقيم

$$\ln I = 2.55$$

$$X = 18 \quad mm = 1.8 \ cm$$

وبما أن كثافة الرصاص تساوى

$$\rho = 11.3 \quad gm/cm^3$$

∴ السمك المساحى للرصاص = $X \rho$

$$= 1.8 \times 11.3 = 20.34 \ gm/cm^2$$

وبما أن

$$\ln I_o = 11.18$$

$$\therefore \ln I/I_o = 2.55/11.18 = 0.23$$

ويكون معامل الامتصاص μ للرصاص

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{\ln(I/I_o)}{\rho X} = \frac{0.23}{20.34} = 0.01 \ cm^2/gm$$

وتساوى معامل امتصاص اشعة جاما فى الرصاص .

رابعا : اختيار أنسب ظروف تشغيل وحدات التكبير amplifier والبوابة gate ومحلل طيف اشعة جاما وحيد القناة SCA ومحلل طيف اشعة جاما عديد القنوات MCA للحصول على أطياف أشعة جاما :

يمكن اختيار أنسب ظروف تشغيل هذه الوحدات كالآتى :

١- توضع مادة مشعة مثل السيزيوم Cs^{137} مثلا أمام الكاشف البلورى ويضبط أنسب جهد للتشغيل ثم تتم مراقبة تخزين الطيف بواسطة وحدة MCA .

٢- يتم التغيير فى قيم amplifier بتغيير قيم fine gain وقيم coarse gain لتقع قمة الفوتونات الضوئية عند القناة ٢٨٠ مثلا ومعنى هذا أن طاقة 1 Mev تقع تقريبا بين القنوات 420 = 425 . وبما أن المكبر هو مكبر خطى linear amplifier اذن ستقع قيمة الطاقة 2 Mev بين القنوات 850 - 840 مثلا . بهذه الطريقة يتم اختيار قيمة معامل التكبير amplification factor ليحتوى كل الأطياف المطلوبة تقريبا .

٣- لدراسة الأطياف باستخدام SCA يتم اختيار الحد الأدنى للمفرق lower level ابتداء من 50 والنافذة window عند 10 ويتم التغيير فى الحد الأدنى كل مرة بمقدار قيمة النافذة أى أن القيم لكل قراءة هى .... ,70 ,60 ,50 وهكذا حتى نهاية الطيف عند 1000 وتكون الوحدة تعمل بالطريقة التفاضلية differential mode وتناظر كل قيمة من قيم الحد الأدنى المختارة هذه قيمة للطاقة يتم عندها تسجيل قراءة العداد ثم

نرسم العلاقة بين قيمة الحد الأدنى للمفرق والقيمة المناظـــوة للعدات عند زمن ثابت وهذه العلاقة هى طيف اشعة جامــا باستخدام SCA .

٤- لدراسة الأطياف باستخدام MCA بعد عمل الخطوتين ١ ، ٢ يضبط زمن القياس لجهاز MCA حسب شدة المصدر المشع بحيث يتم تخزين طيف اشعة جاما لكل مصدر بطريقة واضحة علـــى شاشة الأوسيلسكوب وبعد تخزين طيف كل مادة يمكن تصويـــره فوتوغرافيا من على الشاشة أو تزويده على الراسم الورقـــى ليقوم برسمه أوتوماتيكيا بعد ضبط ســرعة تحركه لتتوافق مع سرعة مسح الطيف من على شاشة الأوسيلسكوب .

خامسا : <u>أطياف أشعة جاما</u> :

باستخدام الخطوات التى سبق ذكرها تم الحصول على أطياف اشعة جاما للمصادر المشعة الآتية :

١- الراديوم المشع (Ra-226) ويبين جدول (١) نتائج الطيف باستخدام SCA كما يبين شكل (١٤) رسما بيانيا لهـــذه النتائج .

٢- القصدير المشع Sn-113 ويبين شكل (١٥) رسما بيانيـــا لنتائجه كما تم الحصول عليها من الراسم الورقى من MCA .

٣- الصوديوم المشع Na-22 ويبين جدول (٢) نتائج الطيـــف باستخدام SCA كما يبينها شكل (١٦) من الراسم الورقـى مـن جهاز MCA .

٤- الكوبالت المشع Co-60 ويبين جدول (٣) نتائج الطيف باستخدام SCA كما يبينها شكل (١٧) من الراسم الورقي من جهاز MCA .

٥- السيزيوم المشع Cs=137 ويبين جدول (٤) نتائج الطيف باستخدام SCA كما يبينها شكل (١٨) من الراسم الورقي من جهاز MCA .

تم تصوير كل هذه الأطياف من على شاشة الأوسيلسكوب على شرائح فوتوغرافية حيث ظهرت عليها بوضوح كل الأطياف المطلوبة .

جدول ١ : العلاقة بين عدد النبضات والحد الأدنى للمفرق لطيف الراديوم -٢٢٦

lower level	counts/ min	lower level	counts/ min	lower level	counts/ min
50	442	260	366	470	445
60	413	270	304	480	480
70	316	280	370	490	425
80	319	290	442	500	437
90	377	300	351	510	478
100	427	310	374	520	554
110	539	320	391	530	599
120	719	330	391	540	608
130	379	340	422	550	644
140	761	350	409	560	608
150	699	360	449	570	561
160	765	370	450	580	499
170	904	380	464	590	442
180	1055	390	498	600	435
190	986	400	431	610	456
200	765	410	514	620	471
210	560	420	506	630	536
220	460	430	503	640	543
230	377	440	518	650	620
240	345	450	512	660	563
250	306	460	463	670	558
680	507	910	251		
600	491	920	255		
700	450	930	276		
710	446	940	241		
720	438	950	236		
730	474	960	193		
740	489	970	199		
750	491	980	155		
760	550	990	176		
770	604	1000	182		
780	564				
800	537				
810	421				

انظر صفحة ٤٧

تابع جدول ١

lower level	counts/min.
820	452
830	344
840	335
850	265
860	225
870	235
880	244
890	267
900	253

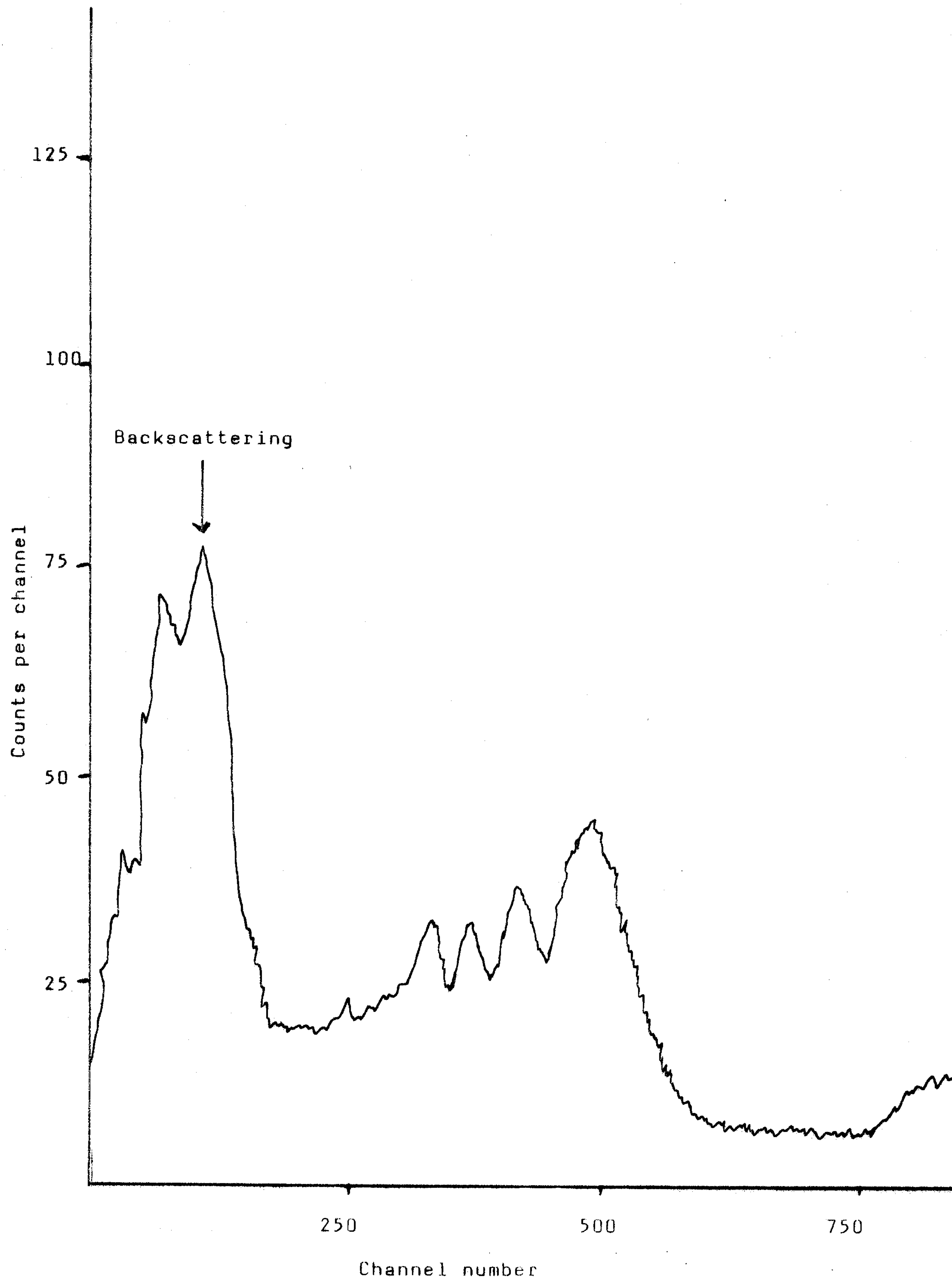


Figure (14) Gamma ray spectrum of ^{226}Ra

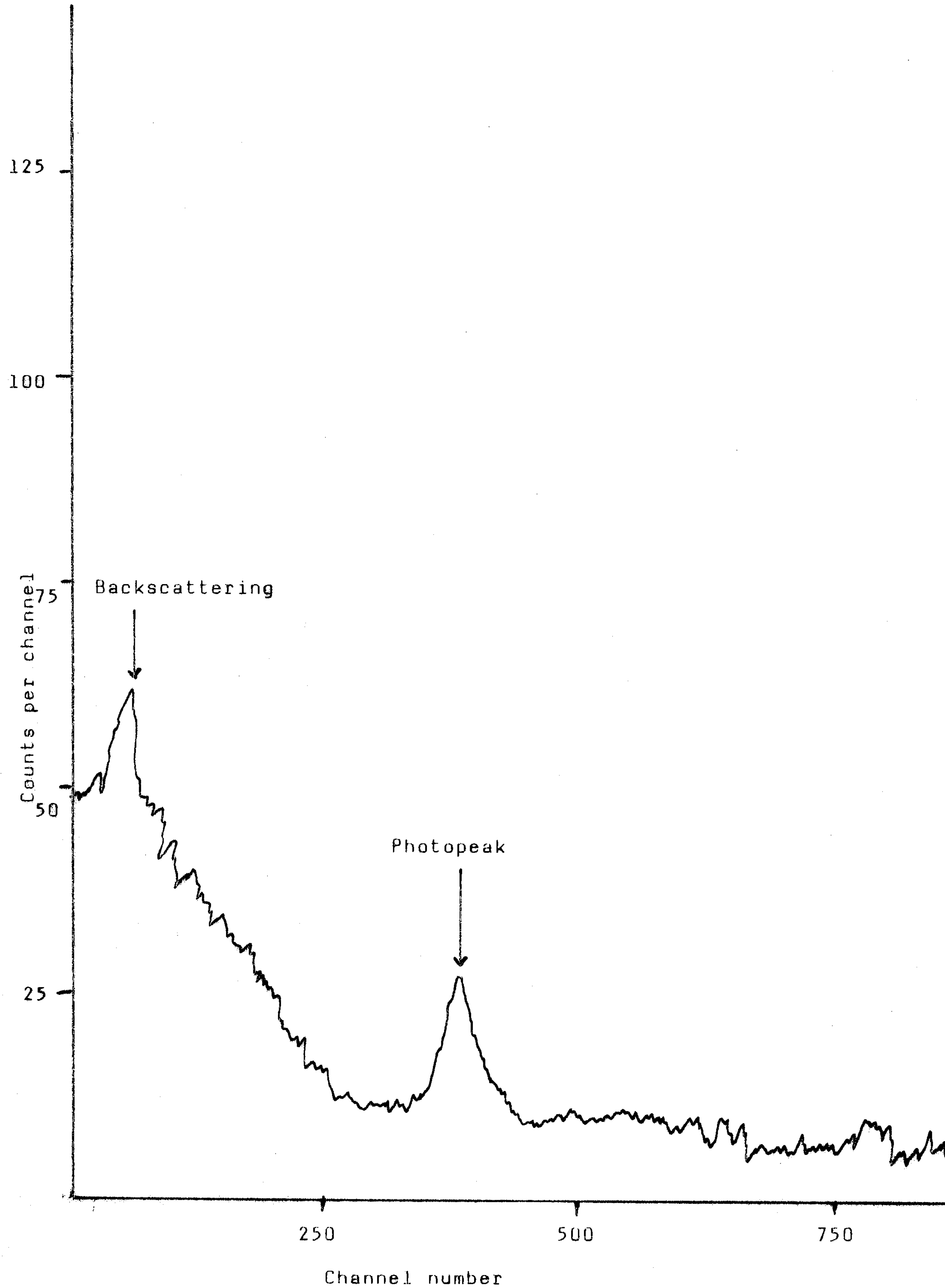


Figure (15) Gamma ray spectrum of ^{113}Sn

جدول ٢ : العلاقة بين عدد النبضات والحد الأدنى للمفرق لطيف الصوديوم - ٢٢

lower level	counts/ min	lower level	counts/ min	lower level	counts/ min
50	1414	260	841	470	711
60	1326	270	788	480	658
70	1201	280	837	490	675
80	1223	290	1018	500	629
90	1208	300	1323	510	640
100	1307	310	1748	520	649
110	1430	320	2065	530	646
120	1595	330	1805	540	587
130	2109	340	1650	550	551
140	2243	350	1317	560	542
150	1545	360	1064	570	582
160	1335	370	953	580	524
170	1324	380	904	590	515
180	1119	390	805	600	475
190	1042	400	725	610	489
200	1055	440	748	620	452
210	947	420	701	630	424
220	1003	430	697	640	409
230	865	440	688	650	434
240	868	450	718	660	422
250	844	460	678	670	436
680	439	910	505		
690	442	920	471		
700	479	930	420		
710	475	940	314		
720	513	950	271		
730	546	960	266		
740	535	970	199		
750	540	980	191		
760	604	990	186		
770	637	1000	192		

انظر صفحة ٤٩

تابع جدول ٢

lower level	counts/mi
780	555
790	516
800	575
810	536
820	534
830	582
840	[illegible]
850	611
860	652
870	614
880	660
890	633
900	615

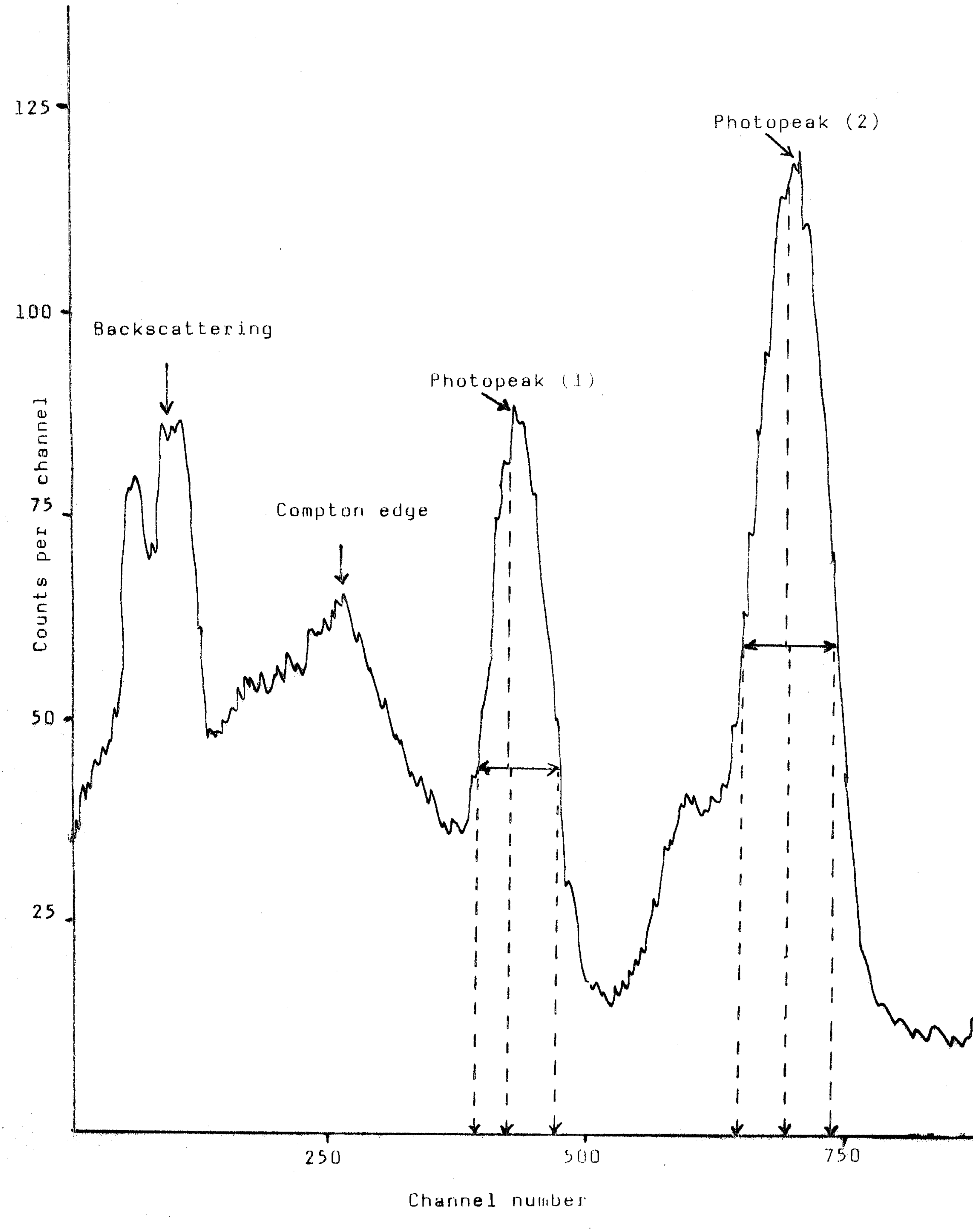


Figure (16) Gamma ray spectrum of ^{22}Na

جدول ٣ : العلاقة بين عدد النبضات والحد الأدنى للمفرق لطيف الكوبالت - ٦٠

lower level	counts/ min	lower level	counts/ min	lower level	counts/ min
50	356	210	507	370	632
60	406	220	528	380	567
70	418	230	503	390	601
80	433	240	526	400	638
90	445	250	543	410	599
100	400	260	541	420	595
110	406	270	538	430	561
120	406	280	518	440	584
130	425	290	538	450	549
140	438	300	551	460	571
150	397	310	585	470	566
160	379	320	547	480	581
170	425	330	568	490	545
180	421	340	586	500	582
190	446	350	549	510	535
200	471	360	547	520	543
530	553	760	565	990	719
540	543	770	617	1000	700
550	522	780	556		
560	550	790	638		
570	535	800	623		
580	519	810	640		
590	559	820	593		
600	565	830	605		
610	531	840	636		
620	537	850	643		
630	515	860	637		
640	508	870	588		
650	495	880	624		

انظر صفحة ٥١

انظر صفحة ٥٢

تابع جـدول ٣

lower level	counts/min	lower level	counts/min
660	500	890	644
670	556	900	592
680	553	910	478
690	559	920	568
700	535	930	594
710	542	940	601
720	565	950	625
730	586	960	602
740	572	970	627
750	556	980	571

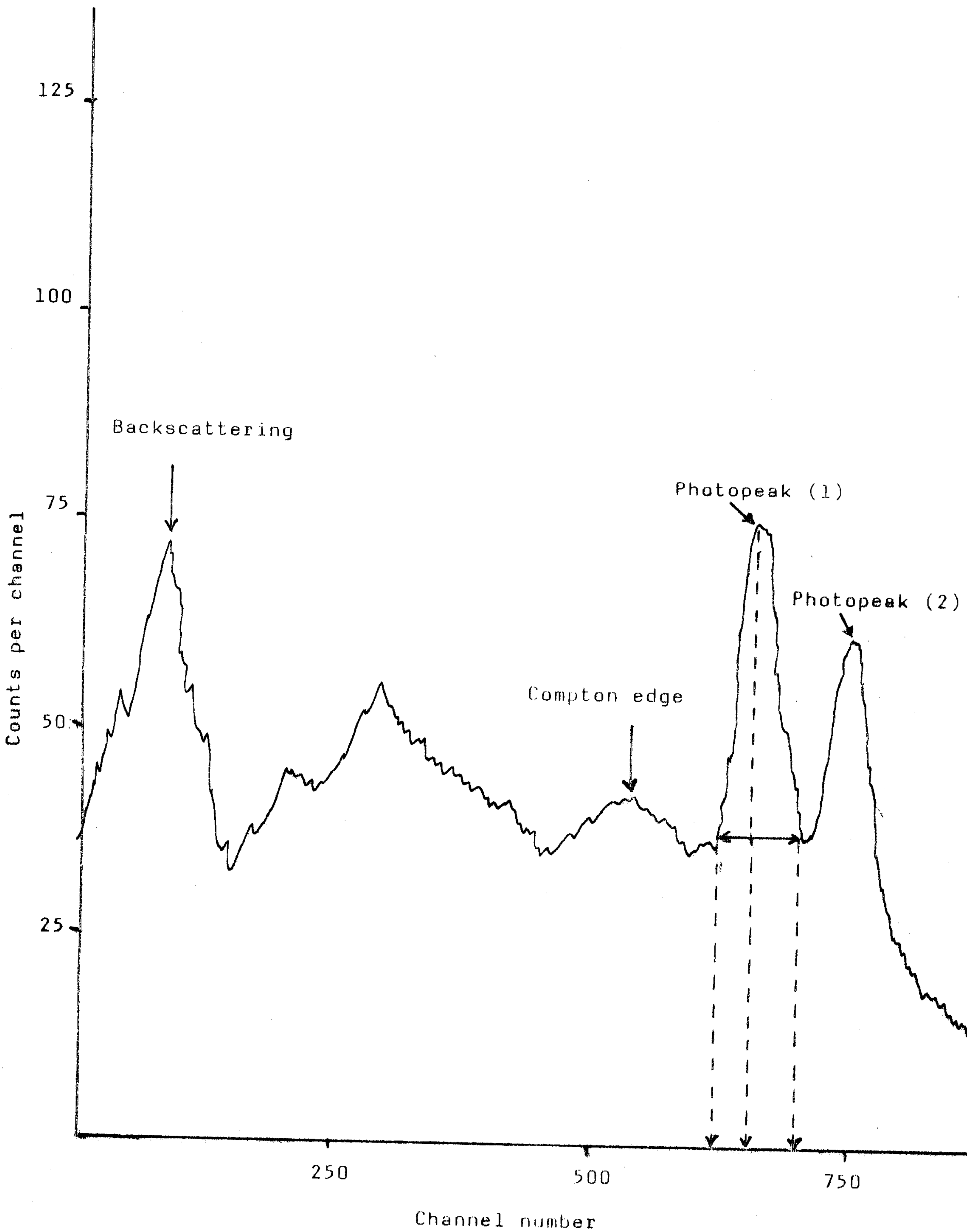


Figure (17) Gamma ray spectrum of ^{60}Co

جدول ٤ : العلاقة بين عدد النبضات والحد الأدنى للمفرق لطيف السيزيوم - ١٣٧

lower level	counts/ min	lower level	counts/ min	lower level	counts/ min
50	541	250	175	450	297
60	494	260	175	460	281
70	729	270	193	470	250
80	700	280	227	480	272
90	322	290	238	490	279
100	177	300	225	500	239
110	157	310	231	510	256
120	173	320	244	520	250
130	173	330	240	530	233
140	136	340	220	540	213
150	175	350	235	550	214
160	142	360	240	560	213
170	217	370	243	570	222
180	174	380	235	580	222
190	162	390	247	590	214
200	179	400	252	600	517
210	179	410	290	610	203
220	159	420	285	620	221
230	155	430	279	630	216
240	172	440	299	640	213
650	210	880	241		
660	184	890	275		
670	187	900	406		
680	203	910	386		
690	177	920	379		
700	174	930	528		
710	166	940	484		
720	175	950	431		
730	175	960	428		
740	182	970	376		

انظر صفحة ٥٢

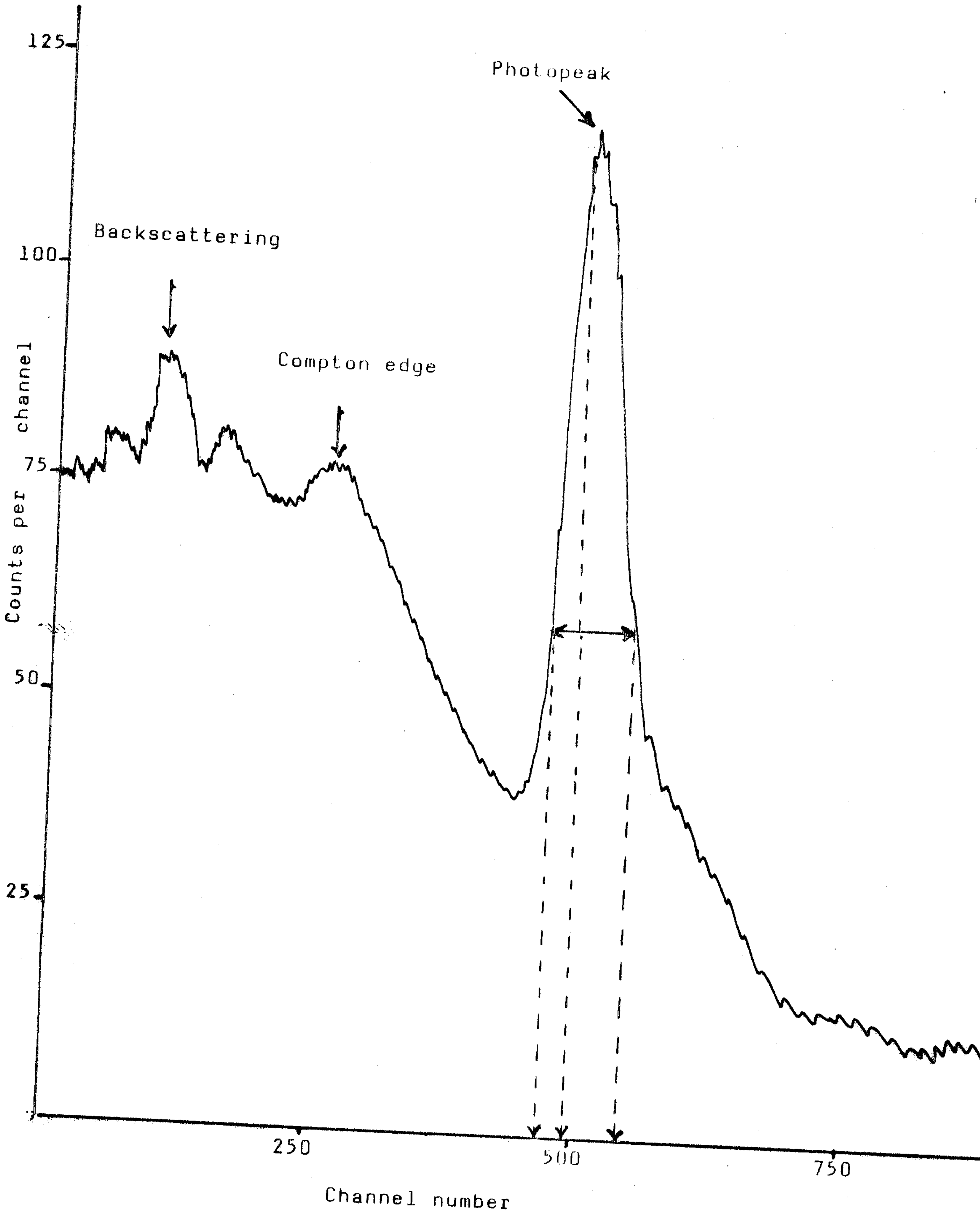


Figure (18) Gamma ray spectrum of ^{137}Cs

تابـــع جـــدول ٤

lower level	counts/min	lower level	counts/min
750	i74	980	279
760	176	990	241
770	191	1000	211
780	161		
790	155		
800	180		
810	139		
820	146		
830	151		
840	169		
850	187		
860	169		
870	196		

المناقشة

و

الاستنتاجات

المناقشة والاستنتاجات :

تظهر فى اشكال ١٤، ١٥، ١٦، ١٧، ١٨ أطياف الراديوم والقصدير والصوديوم والكوبالت والسيزيوم المشعة كما يظهر فيها توزيع الطاقات بناءًا على نوع التفاعلات التى تمت وفيها تظهر قمم للكثافة الاشعاعية لقيم محددة من الطاقة ومنها تبين المناطق الآتية .

١- منطقة التشتت الخلفى Back scatter

وهى تبدو دائما فى بداية الطيف عند القناة رقم ٨٥ تقريبا فى كل الأطياف .

٢- منطقة الامتصاص الكهروضوئى photo electric وهى المنطقة السائدة والمميزة لكل مادة مشعة . وتظهر قمة الامتصاص الكهروضوئى لقمة واحدة مميزة فى حالة المواد التى لها طيف جامى مفرد مثل القصدير المشع والسيزيوم المشع أو قمتين فى حالة المواد التى لها طيفان جاميين مثل الصوديوم المشع والكوبالت المشع أو عدة قمم كما هو الحال فى حالة المواد التى لها العديد من أطياف جاما كما هو الحال مثلا فى حالة الراديوم المشع .

٣- تسبق منطقة القمم الكهروضوئية مباشرة قمة كومتون Compton وهذه القمة مميزة أيضا لطاقة اشعاع جاما .

يمكن تحليل اطياف جاما من الرسومات التى تم الحصول عليها وتتركز هذه التحاليل فى عاملين هما معامل الفصل resolution ومعامل المعايرة للقنوات channel calibration ratio

أولا : معامل الفصل Resolution

معامل الفصل هو النسبة بين القمة الكهروضوئية واتساع هذه القمة وتحدد قيمة الذقة فى تقدير طاقة القمة الكهروضوئية المميزة لكل مادة مشعة وهذا المعامل هام جدا فى حالة تعيين طاقة مجهولة لشعاع جاما مثل حالات التفاعلات النووية والتنشيط الاشعاعى بالنيوترونات وغيرها من مجالات الفيزياء النووية . لتعيين قيمة معامل الفصل لا بد أولا من تعيين المعامل FWHM (Full width of half maximum) وهو الاتساع الكلى عند نصف القمة الكهروضوئية . ويعين هذا المعامل بأخذ قيمة الكثافة عند القمة الكهروضوئية ثم تقسم على اثنين واخذ القيم المناظرة لعدد القنوات الكهروضوئية عند قيمة كثافة نصف القمة . تسمى قيمة FWHA بقيمة δE أى أن

$$\delta E = FWHA.$$

وهى تساوى عدد معين من القنوات يكافىء الاتساع الكهروضوئى عند قيمة كثافة نصف القمة .

ثم تؤخذ قيمة القناة المناظرة للقمة الكهروضوئية وتسمى E . يعرف معامل الفصل Resolution

$$\epsilon = \frac{\Delta E}{E} \times 100$$

أجرى هذا التحليل لثلاثة مواد مشعة وهى الصوديوم (شكل ١٦) والكوبالت (شكل ١٧) والسيزيوم شكل (١٨) ومنها نجد أن :

١- بالنسبة للصوديوم هناك قمتان كهروضوئيتان

الأولى واتساعها

$$(FWHM)_1 = \delta E_1 = 45 \text{ channel}$$

وقيمتها

$(\text{Photo peak})_1 = E_1 = 425$

$$\therefore \epsilon_1 = \frac{\delta E_1}{E_1} \times 100 = \frac{45}{425} \times 100 = 11 \%$$

<u>والثانية</u> واتساعها

$(\text{FWHM})_2 = \delta E_2 = 92$ channel

وقيمتها

$(\text{Photo peak})_2 = E_2 = 695$ channel

$$\therefore \epsilon_2 = \frac{\delta E_2}{E_2} \times 100 = \frac{92}{695} \times 100 = 13 \%$$

٢- بالنسبة للكوبالت هناك قمتان كهروضوئيتان ايضا ولكننا أجرينا التحليل على القمة الأولى فقط لسهولة الحسابات

FWHM $= \delta E = 77$ channel

Photo peak $= E = 655$ channel

$$\epsilon_3 = \frac{\delta E}{E} \times 100 = \frac{77}{655} \times 100 = 12 \%$$

٣- بالنسبة للسيزيوم هناك قمة واحدة أيضا

FWHM $= \delta E = 63$ channel

Photo peak $= E = 500$ channel

$$\epsilon_4 = \frac{\delta E}{E} \times 100 = \frac{63}{500} \times 100 = 13 \%$$

من كل هـذه القيم يمكن حساب قيمة متوسط لمعامل الفصل ϵ

$$\bar{\epsilon} = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 + \epsilon_4}{4}$$

$$= \frac{11 + 13 + 12 + 13}{4} = 12.25 \%$$

وهى قيمة معقولة بالنسبة لظروف الكاشف النووى المستخدم وظروف التجربة وتعنى هذه القيمة انه لا يمكن فصل قيمتين لقيمتين كهروضوئيتين فى طيف اشعة جاما لمادة ما الا اذا كانت طاقاتها تختلف بمقدار يزيد عن ٢٥و١٢ ٪ أما للقيم الاقل من هذا فتبدو القمتان (أو اكثر) كقمة كهروضوئية واحدة ولا يستطيع الجهاز أن يفصلهما أو يميز بينهما .

ثانيا : <u>معامل معايرة القنوات</u> Channel calibration ratio

هذا المعامل هام ايضا فى قياسات اطياف اشعة جاما وهو يعنى قيمة الطاقة المناظرة لكل قناة ولايجاد هذا المعامل لابد من الحصول على اطياف لعدد من أشعة جاما لها طاقات مختلفة وبتحليل هذه الاطياف واخذ قيم القمم الكهروضوئية وقيم القنوات المناظرة لها وبمعرفة الطاقة الكهروضوئية المميزة لكل شعاع جاما يمكن رسم علاقة بين عدد القنوات و الطاقة الكهروضوئية المميزة لكل قمة كهروضوئية . وهذه العلاقة خطية يمثل ميلها قيمة الطاقة المناظرة لكل قناة .

تبين النتائج الآتية نتائج التحاليل الطيفية لكل المواد المشعة التى درست

Material	Reaction	energy	channel number
^{226}Ra	Back scattering	0.145	85
	Compton	0.147	250
	Photo electric(1)	0.187	319
	" " (2)	0.260	340
	" " (3)	0.420	410
	" " (4)	0.450	420
	" " (5)	0.610	482

Material	Reaction	Energy	channel number
^{113}Sn	Back scattering	0.128	75
	Compton	0.331	325
	Photo electric	0.392	385
^{22}Na	Back scattering	0.145	85
	Compton	0.442	260
	Photo electric (1)	0.511	425
	" " (2)	1.275	695
^{60}Co	Back scattering	0.145	85
	Compton	1.000	587
	Photo electric (1)	1.17	655
	" " (2)	1.33	750
^{137}Cs	Back scattering	0.153	90
	Compton	0.442	260
	Photo electric	0.662	500

من الجدول السابق برسم العلاقة بين عدد القنوات channel number والطاقة الكهروضوئية photo electric نحصل على خط مستقيم المبين فى شكل (١٩) .

من هذا الشكل يمكن الحصول على معامل معايرة القنوات من ميل الخط المستقيم

Channel calibration ratio = slope

$$= \frac{\text{Energy}}{\text{channels}}$$

$$= \frac{0.28}{163} = 1.7 \times 10^{-3} \text{ MeV/channel}$$

$$= 1.7 \text{ KeV/channel}$$

أى أن كل قناة تعادل طاقة قيمتها 1.7 KeV

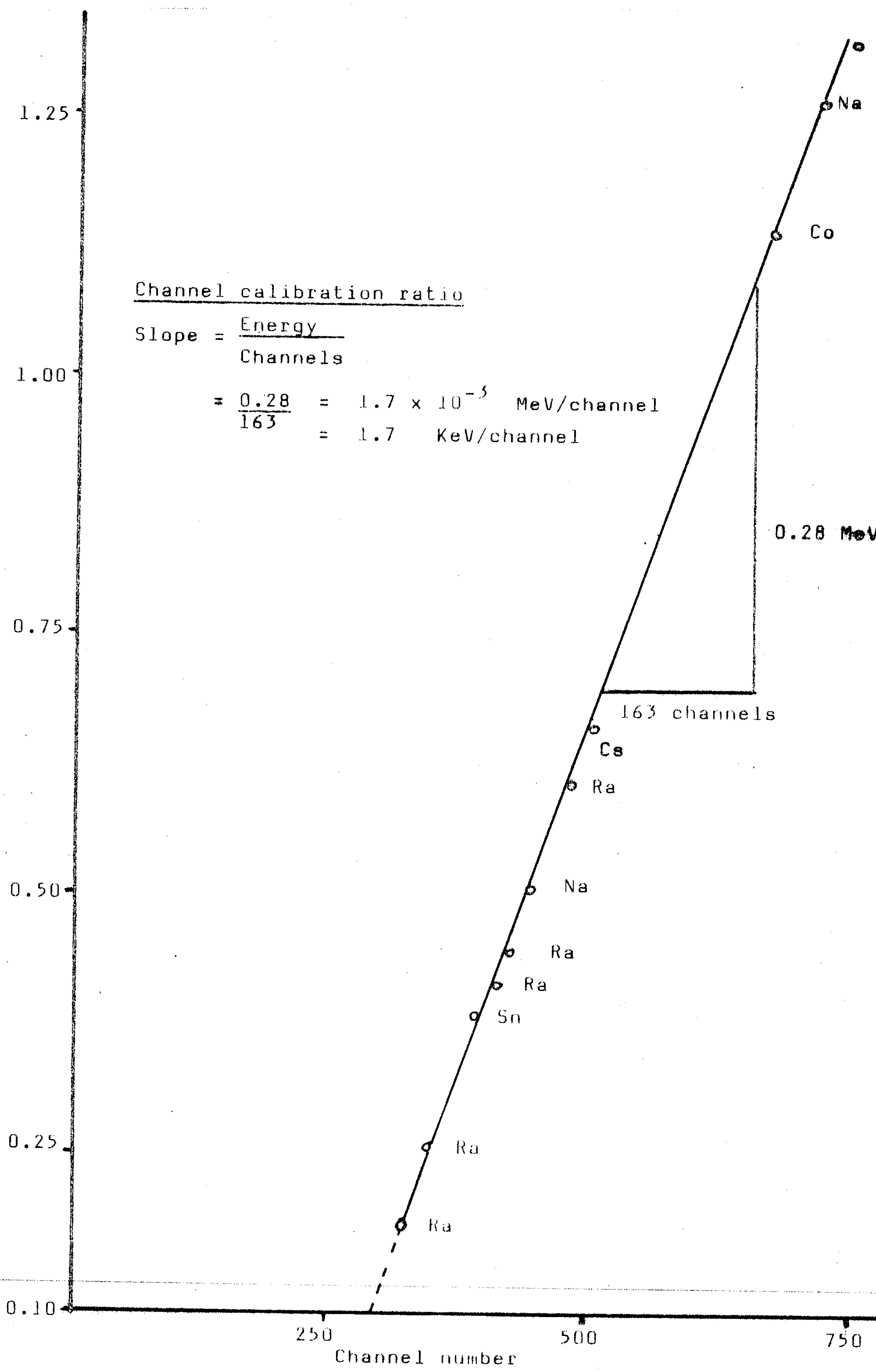


Figure (19) Energy calibration curve for the used NaI cryst

من هذا الشكل ومن النتائج التى تم الحصول عليها يمكن معرفة طاقة القمة الكهروضوئية لأى مادة مشعة مجهولة تصدر اشعاعات جاما اذا حصلنا على طيفها الجامى تحت نفس ظروف القياس التى تمت بها معايرة الجهاز وبتحليل هذا الطيف ومعرفة عدد القنوات المناظرة للقمة الكهروضوئية وبضرب هذه القيمة فى معامل معايرة القنوات السابق حسابه يمكن معرفة طاقة القمة الكهروضوئية لشعاع جاما المطلوب معرفته واذا كانت المادة المشعة المصدرة له مجهولة يمكن معرفتها اذا عرفت طاقة اشعاعها بواسطة الجداول النووية لاضمحلال أشعة جاما .

باستخدام معامل معايرة القنوات تم ايضا حساب قيمة طاقة التشتت الخلفى Back scattering وكذلك قيمة طاقة تشتت كومتون بمعرفة عدد القنوات المناظرة لكل من هذه الطاقات وهذه القيم معطاه فى الجدول السابق .

المراجع <u>References</u>

1- Irving Kaplan, Nuclear Physics,
Addison-Wisley Pub.

2- John Yarwood, Atomic Physics vol. II,
Univ. Tutorial Press.

3- Ortec Application note,
Experiments in Nuclear Physics.

٤- هنرى سيمان ، مقدمة فى الفيزياء الذرية والنووية (مترجم)

٥- أمينة عبدالرحيم - الطبيعة الذرية